PUBLIC
- 5 MAR 1985
MADRAS

யா. பெரெல்மான்

பொழுதுபோக்குப் பௌதிகம்

இரண்டாவது புத்தகம்

"மீர்" பதிப்பகம்
சோவியத் நாடு · மாஸ்கோ

Я. Перельман
ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА
Книга II
На тамильском языке

© தமிழ் மொழிபெயர்ப்பு.
''மீர்'' பதிப்பகம். 1978.

மூன்றாவது பதிப்பு

CONNEMARA PUBLIC LIBRARY
- 1985
MADRAS

பொருளடக்கம்

வெளியீட்டாளரின் குறிப்பு 9

அத்தியாயம் ஒன்று
இயந்திரவியலின் அடிப்படை விதிகள்

பயணம் செய்ய மிகவும் மலிவான முறை . . 11
''பூமியே, நில்!'' 13
விமானத் தபால் 16
நிற்காமல் ஓடும் ரயில் 18
நகரும் நடைபாதைகள் 21
சிக்கலான இயக்கவியல் விதி 22
ஸ்வியத்தகோர் அழிந்தது ஏன்? 25
ஆதாரமின்றி ஒருவர் நடக்க முடியுமா? . . 26
ராக்கெட்டு ஏன் மேலே செல்கிறது? . . . 28
கணவாய்மீன் எவ்வாறு நீந்துகிறது? . . . 32
நட்சத்திரங்களுக்குச் செல்லும் ராக்கெட்டு . . 33

அத்தியாயம் இரண்டு
விசை. பணி. உராய்வு

கிரிலோவ் கதையின் பிரச்சினை 36
கிரிலோவை மீறி 39
முட்டையோட்டை உடைத்தல் 42
காற்றை எதிர்த்துக் கப்பல் ஓட்டுதல் . . . 45
பூமியைத் தூக்கியிருக்க முடியுமா ஆர்க்கிமிடீசால்?. 47
ஜூல் வேர்னின் பலவானும் ஆயிலர் சூத்திரமும். 50
முடிச்சுகள் அவிழ்ந்துவிடாமல் கெட்டியாய் இருப்பது ஏன்? 53
உராய்வு இல்லை என்றால். 54
''செல்யூஸ்கின்'' கப்பல் நொறுங்க நேர்ந்ததன் பௌதிகவியல் காரணங்கள் 57
தானாகவே சமநிலைப்படுத்திக் கொள்ளும் தடி. . 61

1*

அத்தியாயம் மூன்று

சுழற்சி

சுழலும் பம்பரம் விழாமல் நிற்பது ஏன்? . . 65
செப்படி வித்தை 67
கொலம்பசும் முட்டையும் பற்றிய பிரச்சினைக்குப் புதிய விடை 70
ஈர்ப்பு ''ஒழிக்கப்படுதல்'' 72
கலிலேயோவாக நீங்கள் 75
இதைப் பற்றி என்னுடன் வாதாடுங்கள் . . 77
வாக்குவாதத்துக்கு எப்படி இறுதி முடிவு காணலாம் 79
''மாயக்'' கோளம் 79
திரவத் தொலைநோக்கி 85
வளையத்தில் வட்டமிடுதல் 86
சர்க்கஸ் கணக்கு 88
''குறைவான எடை'' 91

அத்தியாயம் நான்கு

ஈர்ப்பு

ஈர்ப்பு விசை குறிப்பிடத்தக்க அளவுள்ளதா? . 94
சூரியனுடன் பூமியை வடமிட்டு இணைத்தல் . . 97
ஈர்ப்பு விசையிலிருந்து நாம் விடுபட முடியுமா? . 99
கேவரும் அவர் நண்பரும் சந்திரனுக்குச் செல்கின்றனர். 101
சந்திரனில் அரைமணி நேரம் 102
சந்திரனில் சுடுதல் 104
அடியில்லாக் கிணறு 106
அதிவினோத ரயில் பாதை 109
குடைவுப் பாதைகளை எப்படித் தோண்டுவது . 112

அத்தியாயம் ஐந்து

எறிகலத்தில் பயணம்

நியூட்டனின் மலை 114
பிரம்மாண்ட பீரங்கி 116

கனமான தொப்பி 117
தாக்குதலை எப்படித் தணிப்பது 119
கணித ரசிகர்களுக்கு 120

அத்தியாயம் ஆறு

திரவங்கள், வாயுக்கள் ஆகியவற்றின் இயல்புகள்

நாம் மூழ்காமல் படுத்திருக்கக் கூடிய கடல் . . 123
பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல் எவ்வாறு வேலை செய்கிறது 127
மூழ்கிப் போன கப்பல்களை எங்கே தேடுவது?. 130
ஜூல் வேர்ன், எச். ஜி. வெல்ஸ் ஆகியோரின் கனவுகள் எவ்வாறு நனவாயின 133
மூழ்கிய ''சாத்கோ'' கப்பல் மீண்டும் எப்படி மிதக்க விடப்பட்டது 138
''நிரந்தர இயக்க'' நீர் இயந்திரம். . . . 140
எளியதாய்த் தோன்றும் ஒரு பிரச்சினை. . . 143
தொட்டிக் கணக்கு 145
விந்தைக் கலம் 147
காற்றுச் சுமை 149
ஹெரோன் நீர்ச்சுனையின் புத்தமைப்புகள் . . 153
நனையாமல் பானம் அருந்துவது எப்படி? . . 157
குப்புறக் கவிழ்ந்த கோப்பை நீரின் எடை என்ன? . 158
ஏன் கப்பல்கள் ஒன்றையொன்று கவர்ந்திழுக்கின்றன? 159
பெர்நூலி கோட்பாடும் அதன் விளைவுகளும் . . 163
மீன்களுக்குக் காற்றுப் பைகள் இருப்பது ஏன்? . 166
அலைகளும் சுழல்களும் 170
பூமியின் மையத்திற்குப் பயணம் . . . 176
கற்பனையும் கணிதமும் 178
ஆழமான சுரங்கத்தில் 182
ஸ்ட்ராட்டோஸ்பியர் பலூனில் 184

அத்தியாயம் ஏழு

வெப்பம்

விசிறிகள் 187
காற்று வீசும்போது நாம் ஏன் அதிக அளவிற்குக் குளிரை உணருகிறோம்? 188

பொசுக்கும் பாலைவனக் காற்று 190
முகத்திரை குளிரைத் தடுக்கிறதா? 190
குளிர வைக்கும் மண் பானைகள் 191
பனிக்கட்டி இல்லாத ''பனிப்பெட்டி'' . . 193
நம்மால் பொறுத்துக் கொள்ளக்கூடிய அதிகப்பட்ச வெப்பம் 194
வெப்பமானியா, அழுத்தமானியா? 195
விளக்கிற்குக் கண்ணாடிக்கூடு இருப்பது எதற்காக?. 197
சுவாலை தன்னை அணைத்துக் கொள்ளாமல் எரிவது எப்படி? 198
ஜூல் வேர்ன் எழுதாத அத்தியாயம் . . . 199
எடையில்லா நிலையில் காலை உணவு . . . 200
நெருப்பை நீர் ஏன் அணைக்கிறது?. . . . 207
தீயினால் தீயை அணைத்தல் 207
கொதிநீரில் நீரைக் கொதிக்கவைக்க முடியுமா? . 211
வெண்பனியில் நீரைக் கொதிக்கவைக்க முடியுமா? . 213
''காற்றழுத்தமானி சூப்'' 215
கொதிக்கும் நீர் எப்போதும் சூடாக இருக்குமா? . 217
சூடான பனிக்கட்டி 220
நிலக்கரியிலிருந்து குளிர்ச்சி 221

அத்தியாயம் எட்டு

காந்தவியலும் மின்சாரமும்

''பாசக் கல்'' 223
திசைகாட்டிப் பிரச்சினை 225
காந்த விசைகளின் கோடுகள் 226
எஃகு எவ்வாறு காந்த மாக்கப்படுகிறது? . . 228
மாபெரும் மின்காந்தங்கள் 230
காந்த வித்தைகள் 232
விவசாயத் துறையில் காந்தம் 234
பறக்கும் காந்தப் பொறி 234
''நபியின் புகமுடல்'' 235
மின்காந்த ரயில் போக்குவரத்து 239
செவ்வாய்வாசிகள் புவி மனிதர்களைத் தாக்கிய கதை 242

கடிகாரங்களும் காந்தவியலும் 244
காந்தவியல் ''நிரந்தர இயக்க'' இயந்திரம் . . 245
பொருட்காட்சிசாலைப் பிரச்சினை 247
மற்றுமொரு போலி ''நிரந்தர இயக்க'' இயந்திரம். 248
''ஏறத்தாழ நிரந்தர இயக்கம்'' கொண்ட இயந்திரம். 249
தீராத தாகம் கொண்ட குஞ்சு 252
பூமியின் வயது என்ன? 255
கம்பிகளின்மீது பறவைகள் 257
மின்னலின் ஒளியில் 259
மின்னலின் விலை என்ன? 260
வீட்டில் இடி மழை 261

அத்தியாயம் ஒன்பது

ஒளிப்பிரதிபலிப்பும் ஒளிவிலகலும். பார்வை

ஐவகைத் தோற்றப் புகைப்படம் 264
சூரிய விசை மோட்டார்களும் வெப்பமூட்டிகளும். 266
மந்திரக் குல்லா 269
கண் காணு மனிதன் 270
கண் காணு நிலையால் வந்த வினை 275
ஒளிபுகும் வண்ணம் பதனம் செய்யப்பட்டவை . 276
கண் காணு மனிதனுக்குக் கண் தெரியுமா? . 277
பாதுகாப்புப் பூச்சு 279
உருமறைக் காப்பு 281
நீரினுள் கண் 283
நீரில் முக்குளிப்போர் எப்படிப் பார்க்கின்றனர்? . 285
நீரினுள் லென்சுகள் 285
அனுபவமில்லாமல் ஆழத்தில் இறங்குவோர். . 287
கண்ணுக்குத் தெரியாத குண்டூசி 290
நீரினுள்ளிருந்து பார்க்கையில் கிடைக்கும் தோற்றம் 293
நீராழங்களில் பல்வேறு வண்ணங்கள் எவ்வாறு
தோற்றமளிக்கின்றன 299
கண்ணில் குருட்டுப் புள்ளி 300
சந்திரன் எவ்வளவு பெரிதாயிருப்பதாக நாம் நினைக்கிறோம் 304
விண்கோள்களின் தோற்ற அளவுகள் . . . 307
''புதிர் விலங்கு'' எட்கர் ஆலன் போ எழுதியது . 312

மைக்ராஸ்கோப் ஏன் உருப்பெருக்கம் செய்கிறது? . 316
மாயத் தன்னேமாற்றம் 320
தையற்காரருக்குப் பயன்படும் மாயத் தோற்றங்கள். 322
எது பெரியது?. 322
கற்பனையின் ஆற்றல் 323
மேலும் சில ஒளியியல் மாயத்தோற்றங்கள். . 325
என்ன இது? 329
விந்தைச் சக்கரங்கள் 330
மெல்ல இயங்கும் ''மைக்ராஸ்கோப்''. . . 334
நிப்கோவ் வட்டு 336
முயலின் மாறுகண் பார்வை 338
விளக்கணைந்தால் வெள்ளைப் பூனை மேகவண்ணமாவதேன்? 340
குளிர்க்கதிர்களும் இருக்கின்றனவா? . . . 341

அத்தியாயம் பத்து

ஒலி. அலை இயக்கம்

ஒலியும் வானொலி அலைகளும் 343
ஒலியும் துப்பாக்கிக் குண்டும் 343
போலி வெடிப்பு 344
ஒலியின் வேகம் குறைவாயிருந்தால் . . . 346
மிகவும் மெதுவான உரையாடல் 347
மிக்க விரைவான முறை 348
தமுக்குத் தந்தி 349
ஒலியியல் மேகங்களும் வளி எதிரொலியும். . 351
ஓசையற்ற ஒலிகள் 352
தொழில்நுட்பத் துறையில் மீஒலிகள் . . . 354
கட்டைக்குரல் பேச்சும் கீச்சுக்குரல் பேச்சும் . . 356
நாள்தோறும் இருமுறை புதிய செய்தியேடுபடிக்கலாம் 357
ரயில் ஊதொலிப் பிரச்சினை 358
டாப்ளர் விளைவு 361
ஓர் அபராத வழக்கு 362
ஒலியின் வேகத்துடன் 365
சொல்வரிசை 369

- 5 MAR 1985
MADRAS

வெளியீட்டாளரின் குறிப்பு

பெரெல்மான் எழுதிய பொழுதுபோக்குப் பௌதிகம் என்னும் புத்தகத்தின் இந்தத் தமிழ்ப் பதிப்பு பதினெட்டாவது ருஷ்யப் பதிப்பின்படி அமைந்தது. இந்நூலை பெரெல்மான் ஏறக்குறைய ஐம்பது ஆண்டுகளுக்குமுன் எழுதியிருந்தாலும் 1936இல் வெளியிடப்பெற்ற இதன் பதின்மூன்றாவது பதிப்பு வரை இதை அவர் தொடர்ந்து திருத்தி, புதிய விவரங்களைச் சேர்த்து விரிவாக்கினார். ஜெர்மன் பாசிஸ்டுப் படைகள் லெனின்கிராதை முற்றுகையிட்டிருந்தபோது 1942இல் பெரெல்மான் மரணமடைந்தார்.

சாதாரண விவரங்களையும் நிகழ்ச்சிகளையும் கொண்டு பௌதிகவியலின் அடிப்படைகளை அறிமுகம் செய்யும் இந்தப் புத்தகம் காலத்தால் பழமையுற்றுவிடவில்லை. எனவேதான் இதன் ஆசிரியர் மறைந்தபின் வெளிவந்த பதிப்புக்களின் பதிப்பாசிரியர்கள், புதிய வி்வரங்களைச் சேர்த்து இப்புத்தகத்தைப் புதுப்பிக்கத் தேவையில்லை என்று கருதினர். தவிரவும் 1936ஆம் ஆண்டுக்குப் பிறகு பௌதிகவியலில் காணப்பட்டிருக்கும் சாதனைகளையும் சேர்ப்பதெனில், புத்தகம் மிகப் பெரிதாகி அதன் தோற்றமே வெகுவாய் மாறிவிடும்.

காலத்துக்கு ஒவ்வாதவையாகிவிட்ட சில புள்ளிவிவரங்களைத் திருத்துவதற்கும், ஒரு சில குறிப்புகளைச் சேர்ப்பதற்கும் மேல் அதிக மாற்றமின்றி இப்பதிப்பை வெளியிடுகிறோம்.

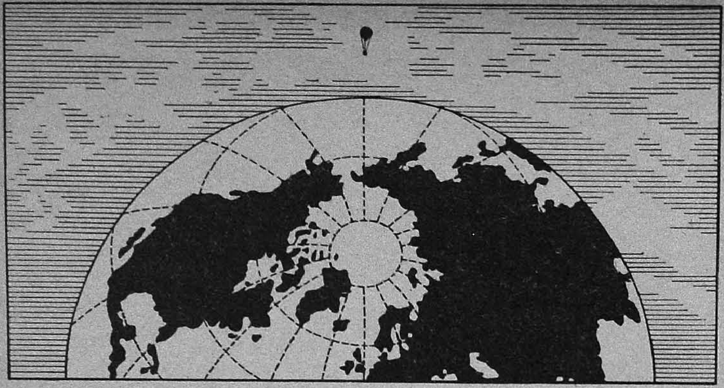
அத்தியாயம் ஒன்று

இயந்திரவியலின் அடிப்படை விதிகள்

பயணம் செய்ய மிகவும் மலிவான முறை

''சந்திர சூரிய மண்டல இராச்சியங்களின் சரித்திரம்'' (1652) என்னும் தமது கேலிச் சித்திர நூலில், 17 ஆவது நூற்றுண்டைச் சேர்ந்த ஸிரனே டி பெர்ஜெராக் என்னும் பிரெஞ்சு நகைச்சுவை எழுத்தாளர் தமக்கு நேர்ந்ததாய்க் கற்பனை செய்து ஓர் அதிசயத்தை விவரிக்கிருர். ஒரு நாள் அவர் பரிசோதனை செய்து கொண்டிருந்தபோது, அவருடைய வாலைகள் அனைத்துடனும் காற்றில் மேலே தூக்கப்பட்டார். பல மணி நேரத்திற்குப் பிறகு அவர் தரையில் இறங்கிய போது, தம் நாடான பிரான்சில் இல்லாமல், ஐரோப்பாவில் கூட இல்லாமல், கானடாவில் தாம் இருக்கக் கண்டு வியப் புற்றுர். வேடிக்கை என்னவென்றுல் ஸிரனே டி பெர்ஜெராக் இவ்விதம் தாம் அட்லாண்டிக் கடலைத் தாண்டிச் செல்வது முற்றிலும் சாத்தியமே என்பதாய் நம்பினுர். தாம் உயரக் காற்றில் இருந்தபோது பூமி கிழக்கு நோக்கித் தொடர்ந்து சுழன்றதால் பிரான்சுக்குப் பதிலாக வட அமெரிக்காவில் தாம் இறங்கியதாக அவர் காரணம் கூறினுர்.

மிகவும் மலிவான, எளிய பயண முறைதான்! தரையை விட்டு மேலே கிளம்பி, சில நிமிடங்கள் அப்படியே அந்தரத் தில் தொங்கிக் கொண்டிருந்தால் போதும், மேற்கேயுள்ள, முற்றிலும் புதியதோர் இடத்திற்கு வந்து தரையில் இறங்கி விடலாம். எதற்காகத் தரையிலே பயணம் செய்து களைப் படைய வேண்டும்? மேலே காற்றிலே அந்தரத்தில் மிதந்த வாறு காத்திருங்கள், நீங்கள் சேர வேண்டிய இடம் வந்த தும் கீழே இறங்கிவிடுங்கள்.



படம் 1. பறக்கும் பலூனிலிருந்து பூமி சுழலுவதைக் காண முடியுமா? (படம் உண்மை அளவு விகிதங்களின் படி வரையப்பட்டதன்று.)

ஆனால், இது வெறும் கற்பனையே அன்றி வேறில்லை. முதலாவதாக, நாம் காற்றில் உயரக் கிளம்பும்போது, உண்மையில் பூமியினின்று நம்மைப் பிரித்துக் கொள்வதில்லை. அப்போதும் அதனுடன் கட்டுண்டேயிருக்கின்றோம்; ஏனெனில், பூமியின் அச்சுச் சுழற்சியில் பங்கெடுத்துக் கொள்ளும் காற்று உறையில் நாம் தொங்கிக் கொண்டிருக்கிறோம். காற்று—அல்லது திட்டமாகச் சொன்னால், அதன் அடர்த்தி மிகுந்த கீழ் அடுக்குகள்—தன்னிடமுள்ள எல்லாவற்றையுமே, மேகங்கள், விமானங்கள், பறவைகள், பூச்சிகள் ஆகியவை அனைத்தையுமே, சுமந்துகொண்டு பூமியுடன் கூடச் சேர்ந்து சுழலுகிறது. காற்றுமட்டும் நமது கிரகத்துடன்கூடச் சேர்ந்து சுழலாவிட்டால் பயங்கர பலம் கொண்ட காற்றினால் நாம் தாக்கப்பட்டுக் கொண்டிருப்போம்; இந்தப் பேய்க் காற்றுடன் ஒப்பிடும்போது, மிகப் பெரிய புயல்கூட மெல்லிய பூங்காற்றைப் போன்றதாகிவிடும். (பெரும் புயல் அல்லது டொர்னேடோ சூறுவளி வினாடிக்கு 40 மீட்டர் வேகத்தில், அதாவது, மணிக்கு 144 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் வீசுகிறது. ஆனால் லெனின்கிராத் நகரம் அமைந்துள்ள அட்சரேகையில் வினாடிக்கு 230 மீட்டர் அல்லது மணிக்கு 828 கிலோமீட்டர் வேகத்தில்) பூமி நம்மைக் காற்றினூடே இழுத்துச்

செல்லும். காற்று வீச நாம் அதில் அசையாது நிற்பதற்கும், காற்று அசையாதிருக்க நாம் அதில் செல்வதற்கும் எந்த வித்தியாசமும் இல்லை; இரண்டும் ஒன்றுதான். இவ்விரு நிலைகளிலும் அதே பலமான காற்று வீசுவதை நாம் உணருவோம். மணிக்கு 100 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் விரைந்து செல்லும் மோட்டார் சைக்கிளோட்டி மிகவும் அமைதியான வானிலையிலும் கடுமையான எதிர்காற்றைச் சமாளிக்கவேண்டியிருக்கிறது. வளிமண்டலத்தின் உச்சிக்கு நம்மால் ஏற முடிந்தாலும், அல்லது பூமியைச் சுற்றிலும் காற்று உறையே இல்லை என்றாலும்கூட, இந்த பிரெஞ்சு கேலிச் சித்திர எழுத்தாளர் கற்பனை செய்த மலிவான பயண முறையினால் நாம் பயனடைய முடியாது. உண்மையில், சுழலும் பூமியின் மேற்பரப்பிலிருந்து நாம் பிரிந்து மேலே அந்தரத்தில் இருக்கையில், சடத்துவம் காரணமாக நாமும் அதே வேகத்துடன்—அதாவது, நமக்குக் கீழாக பூமி நகர்ந்து கொண்டிருக்கும் வேகத்துடன்—தொடர்ந்து நகருவோம். தரைக்குத் திரும்பியவுடன், உயரச் செல்வதற்குமுன் எங்கு இருந்தோமோ அங்கேயே மீண்டும் நாம் இருக்கக் காண்போம். இது, ஓடும் ரயில் பெட்டியினுள் தத்திக் குதிப்பதை ஒத்ததே ஆகும். தத்திக் குதிக்கும் நாம் மறுபடியும் அதே இடத்தைத்தான் வந்தடைகிறோம். சடத்துவம் காரணமாக நாம் நேர் கோட்டில் (தொடு கோட்டுப் பாதையில்) செல்ல, நமக்கு அடியில் தரை வில் வடிவப் பாதையில் சுழன்று கொண்டிருக்கும் என்பது மெய் தான். ஆனால், குறுகிய கால அளவுகளுக்கு இந்த வேறுபாட்டை நாம் புறக்கணித்து விடலாம்.

"பூமியே, நில்!"

புகழ்பெற்ற, பிரிட்டிஷ் விஞ்ஞானக் கற்பனை இலக்கிய நாவலாசிரியரான எச். ஜி. வெல்ஸ் மாய சக்தி படைத்த குமாஸ்தா ஒருவனின் கதையைக் கூறுகிறார். அவன் மந்த புத்தியுள்ள இளைஞனாக இருந்தாலும், தான் விரும்பும் எதையும் உடனே நடைபெறச் செய்யும் அதிசய ஆற்றலைப் பெற்றிருந்தான். எனினும், இந்த அற்புத ஆற்றல் அவனுக்குத் துன்பத்தையே விளைவித்தது. நம்மைப் பொறுத்தவரை, அறிவூட்டுவதாக இருப்பது இக்கதையின் முடிவுதான்.

இரவு முழுவதும் குடித்துவிட்டுக் கூத்தடித்த அவன், விடியும் தறுவாயில் வீட்டிற்கு வந்தால் தனது குடும்பத்தினர் என்ன சொல்வார்களோ என்று பயந்து, தனது அதிசய ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி இரவை நீடிக்கச் செய்யலாமென எண்ணினன். அதை எங்ஙனம் செய்வது என்று புரியாமல், விண்கோள்களை நகராமல் நிற்குமாறு உத்தரவிடலாமென முடிவு செய்தான். ஆனல் அவனுக்கு அதைச் செய்யத் துணிவு வரவில்லை. சந்திரனை நிறுத்திவிடும்படி அவனுடைய நண்பன் ஒருவன் யோசனை கூறியபோது, நெடுநேரம் அதை உற்றுப் பார்த்துவிட்டுச் சிந்தனை வயப்பட்டவனுகக் கூறினன்:

'' 'அது, நடக்கக் கூடியதாய்த் தெரியவில்லையே.'

''ஆம், சந்திரன் நிற்காதுதான். ஆனல் நீ பூமியின் சுழற்சியை நிறுத்தலாமே... அதனல் தீங்கு ஒன்றும் ஏற்பட்டுவிடாதே'' என்று சொன்னன் மேடிக்.

'' 'உம்! சரி' என்று பொதரிங்கே பெருமூச்செறிந்தவாறு 'முயன்று பார்க்கிறேன்' என்ருன்.

''சட்டைப் பித்தான்களைச் சரியாகப் பொருத்திக் கொண்டு, தன்னம்பிக்கையை வரவழைத்துக் கொண்டு நமது கிரகமாகிய பூமியை விளித்து 'சுழல்வதை உடனே நிறுத்து!' என்ருன் பொதரிங்கே.

''உடனே அவன் குண்டுக் கட்டாய்க் காற்றிலே தூக்கிச் செல்லப்பட்டான். நிமிடத்துக்கு எத்தனையோ மைல் வேகத்தில் சுழன்றடித்துப் பறந்து சென்ருன். ஒவ்வொரு விளுடியிலும் அவன் சுழன்று சுற்றிய சுற்றுகளுக்குக் கணக்கே இருக்காது. இந்நிலையில் நல்ல வேளையாய் அவன் தன்னுள் நினைத்துக் கொண்டான்: 'நான் பத்திரமாகக் கீழே வர வேண்டும். வேறு என்ன நடந்தாலும், நான் மட்டும் சுகமாகவும் நல்ல நிலையிலும் கீழே இறங்க வேண்டும்.'

''தக்க தருணத்தில்தான் அவன் இப்படி விரும்பினன்.... புதிதாய் வெட்டியெடுக்கப்பட்டது போல் தோன்றிய மண்ணின் மேடு மேல் தொப்பென்று வந்து விழுந்தான், காயம் எதுவும் ஏற்படவில்லை. இரும்பும் சாந்தும் கற்களுமான பெருமீ பாளம் அவன் தலைக்கு மேல் சுழன்று சென்று கற் கட்டிட இடிபாடுகள் மீது மோதி வெடிகுண்டுபோல் வெடித்துச் சிதறியது. காற்றிலே அடித்து வரப்பட்ட பசு ஒன்று ஒரு பெரிய கட்டிடத்தில் மோதி முட்டை உடைவது போல் நசுங்கிச் சிதைந்தது.... பெரும் புயல் மண்ணிலும் விண்ணிலும் சீறியது. தலையைக் கூட அவனல் உயர்த்தி எதையும் பார்க்க முடியவில்லை.

''கடும் புயலில் திணறிய அவன் 'அட, கடவுளே! மயிரிழையில் அல்லவா தப்பினேன்! ஏதோ தவறு நேர்ந்துவிட்டது! புயல், இடி.... இதில் என்னை இழுத்து விட்டது மேடிக் அல்லவா' என்று பேச முடியாமல் புலம்பினான்.

''காற்றில் படபடத்த சட்டை இடம் கொடுத்த அளவுக்குச் சுற்றிலும் நோக்கினான்.... 'வானத்தில் யாவும் சரியாகத்தான் இருக்கின்றன.... தலைக்குமேலே சந்திரன் இருக்கிறது.... ஆனால், மற்றவை—ஊர் எங்கே இருக்கிறது? எங்கே, எல்லாம் எங்கே போயின? இந்தப் பேய்க் காற்றை வீசச் செய்தது எது? புயலை வீசச் சொல்லவில்லையே நான்.'

''எழுந்து நிற்பதற்கு பொதரிங்கே செய்த முயற்சி வீணாயிற்று. ஒரு தடவை தோல்வியுற்ற பின்னர் தவழ்ந்த நிலையிலேயே இருந்தான். அவனுடைய சட்டையின் பின் நுனிப்பகுதி தலைக்குமேலே காற்றில் எழும்பிப் படபடக்கக் காற்றின் திசையிலே திரும்பிக்கொண்டு நிலாவொளியில் பிரகாசித்த உலகைக் கவனித்தான். 'ஏதோ பெரும் கோளாறு ஏற்பட்டுள்ளது. ஆண்டவனுக்குத்தான் தெரியும்' என்றான் பொதரிங்கே.

''தனது அற்புத ஆற்றலால் பெருங் கேடு விளைந்துவிட்டது என்பது பொதரிங்கேயுக்குத் தெரிந்தது; அத்துடன் அற்புதச் செயல்களின் மீதே அவனுக்கு வெறுப்பு உண்டாயிற்று. மேகங்கள் ஒன்றுகூடிக் கவிந்துகொண்டு சந்திரனை மறைத்துவிட்டதால், எங்கும் இருள் சூழ்ந்துவிட்டது. சீறிப் பாய்ந்த ஆலங்கட்டிகளின் சப்தம் காதைத் துளைத்தது. காற்றின் பேரொலியும் நீரின் இரைச்சலும் விண்ணையும் பூமியையும் நிரப்பியது. கண்ணுக்கு மேல் கையைக் குவித்துக் கொண்டு காற்று அடிக்கும் திசையில் புழுதி, காற்று ஆகியவற்றினூடே பார்த்த போது, மின்னலின் ஒளியில், தன்னை நோக்கிப் பிரம்மாண்ட மதில் போல நீர் ஓடி வருவதைக் கண்டான்.

''முன்னேக்கி வரும் தண்ணீரைப் பார்த்து 'நில்! உன்னை வேண்டிக் கொள்கிறேன், நின்றுவிடு' என்று பொதரிங்கே கத்தினான்.

''இடியையும் மின்னலையும் நோக்கி 'நின்று விடுங்கள்....' என்றான்.

''மண்டியிட்டு அமர்ந்திருந்தான்.... யாவற்றையும் சரிசெய்துவிட வேண்டுமென்று விரும்பினான்.

'' 'சரி' என்று நான் சொல்லும்வரை நான் உத்தரவிடப் போவது எதுவும் நடைபெற வேண்டாம்' என்றான் அவன்.

'' 'சற்றுமுன் நான் கூறியது கவனமிருக்கட்டும்.

முதலாவதாக, நான் சொல்லப் போவது எல்லாம் நடந்தேறியபின், எனது அற்புத ஆற்றலை நான் இழந்துவிட வேண்டும்; எனது மனச்சக்தியும் மற்ற எவருடைய மனச் சக்தியைப் போலவே ஆகிவிடட்டும், இந்த ஆபத்தான அற்புதங்கள் யாவும் நின்று போகட்டும்....'

'' 'இரண்டாவதாக, அற்புதங்கள் நிகழத் தொடங்கு முன் இருந்தது போலவே யாவும் இருக்கட்டும்.... இனிமேல் அற்புதங்களே வேண்டாம்—நானும் மது அருந்துவதற்குமுன் 'லாங் ட்ராகன்' உணவு விடுதியில் இருந்தது போல் ஆகிவிட வேண்டும்....''

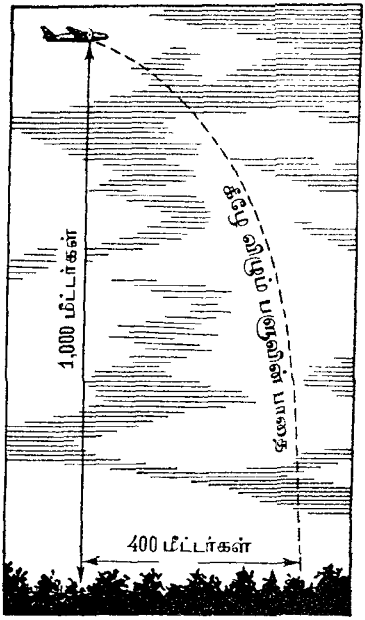
விமானத் தபால்

வானத்தில் உயர ஒரு விமானத்தில் இருப்பதாக எண்ணிக் கொள்ளுங்கள். உங்களுக்குப் பழக்கமான இடங்களை நீங்கள் கீழே காண்கிறீர்கள். உங்கள் நண்பரின் வீடு தென்படும் இடத்திற்கு அருகில் மேலே வந்து கொண்டிருக்கிறீர்கள். நண்பருக்கு ஒரு செய்தி அனுப்பினால் நன்றாக இருக்குமே என்று நினைக்கிறீர்கள். உடனே, நோட்டுப் புத்தகத்தில் சில வார்த்தைகளை எழுதி, நோட்டிலிருந்து காகிதத்தைக் கிழித்தெடுத்து, ஒரு கனமான பொருளின் மீது அதைச் சுற்றி, (வசதிக்காக இதை இனி ''பளு'' என்று கூறுவோம்) நண்பரின் வீடு உங்களுக்கு நேர்கீழே வந்தவுடன் அதைப் போடுகிறீர்கள். உங்கள் நண்பரின் வீட்டுத் தோட்டத்தில் அது விழும் என்று நீங்கள் நினைத்தால் பெருந் தவறே ஆகும். உங்கள் நண்பரின் வீடு உங்களுக்கு நேர்கீழே இருந்தாலும், நீங்கள் போடும் பளு ஒருபோதும் அங்கே போய் விழாது.

அந்தப் பளு கீழே விழும்போது நீங்கள் அதைக் கவனித்தால், விசித்திரமான ஒரு விவரம் உங்களுக்குப் புலனாகும். விழுந்து கொண்டிருக்கும் பளு, கண்ணிற்குத் தெரியாத ஒரு நூலினால் விமானத்துடன் கட்டப்பட்டிருப்பதைப் போல் தொடர்ந்து விமானத்துக்குக் கீழே வந்து கொண்டிருக்கும். பூமியின் மீது விழும்போது அது குறியை விட்டு நெடுந்தூரம் விலகிச் சென்றுவிடும்.

பெர்ஜெராக் கற்பனை செய்த முறையில் நாம் பயணம் செய்வதைத் தடுத்த அதே சடத்துவ விதியின் விளைவே இது. பளு விமானத்தில் இருந்தபோது, அதுவும் விமானத்

துடன் சேர்ந்து சென்று கொண்டிருந்தது. ஆனால், கீழே போடப்பட்டவுடன், விமானத்திலிருந்து பிரிந்து போய் விட்டாலும், தன் துவக்க வேகத்தை அது இழப்பதில்லை. எனவே, விழும்போது விமானம் செல்லும் திசையிலேயே அதுவும் காற்றில் தொடர்ந்து செல்கிறது. நேர்க்குத்து இயக்கம், கிடைமட்ட இயக்கம் ஆகியவை இரண்டும் தொகுந்து இணைகின்றன; அதன் விளைவாய், பளு ஒரு வளைவான பாதையில் செல்கிறது. விமானம் மட்டும் பழைய பாதையை விட்டு விலகாமலும் வேகத்தை அதிகரித்துக் கொள்ளாமலும் இருக்குமாயின், பளு விமானத்துடன் கூடவே அடி' யில் வருகிறது. உண்மையில், கிடைமட்ட வாக்கில் எறியப் படும் பொருள் செல்லும் அதே வளைவுப் பாதையில்தான் பளுவும் செல்கிறது: எடுத்துக்காட்டாக, கிடைமட்டத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு துப்பாக்கியிலிருந்து சுடப்படும் குண்டு, தரையில் வந்து முடிவுறும் வில் வடிவப் பாதை ஒன்றிலேயே செல்லும்.



படம் 2. பறக்கும் விமானத்திலிருந்து போடப் படும் பளு நேர்கீழாக விழாது, வளைவான பாதையிலே விழும்.

காற்றின் தடை இல்லாவிட்டால்தான், மேற்கூறியவாறு நடைபெறும் என்பதைக் கவனிக்கவும். உண்மையில், வளியின் தடை நேர்க்குத்து, கிடைமட்ட இயக்கங்கள் இரண்டையுமே தடுப்பதால், பளு படிப்படியாக விமானத்திற்குப் பின்தங்கிவிடுகிறது.

விமானம் மிகவும் உயரத்திலும் விரைவாகவும் செல்லும் போது, நேர்க்குத்துக் கோட்டிற்கும் பளு விழும் பாதைக்கும் உள்ள இடைவெளி விலகல் அதிகமாகவே

இருக்கும். காற்று வீசாத ஒரு தினத்தில் 1,000 மீட்டர் உயரத்தில் மணிக்கு 100 கி. மீ. வேகத்தில் செல்லும் விமானத்திலிருந்து போடப்படும் பளு, அது போடப்படும் போது விமானத்திற்கு நேர்கீழாக உள்ள இடத்திலிருந்து 400 மீட்டர் விலகி விழும் (படம் 2). வளியின் தடையை நாம் புறக் கணித்து விட்டால், இந்தக் கணக்கிற்கு எளிதில் விடை காணலாம். சீர் வளர்வேக இயக்கத்தில் பொருள் செல்லும் தொலைவைக் கணக்கிடுவதற்கான சூத்திரம் $S = \frac{gt^2}{2}$ (இதில் S என்பது தொலைவையும், t நேரத்தையும், g ஈர்ப்பு வளர்வேகத்தையும் குறிக்கும்—இது விநாடியின் வர்க்கத்திற்கு 9.8 மீட்டருக்குச் சமம்). எனவே விழும் நேரம், $t = \sqrt{\frac{2S}{g}}$ என்றாகிறது. அதாவது, 1,000 மீட்டர் உயரத்திலிருந்து ஒரு கல் பூமியின் மீது விழுவதற்கு $\sqrt{\frac{2 \times 1,000}{9.8}}$ அல்லது 14 விநாடிகள் பிடிக்கும். இந்த நேரத்தில் அந்தக் கல் கிடை மட்டத்தில் $\frac{100,000}{3,600} \times 14 = 390$ மீட்டர் முன்னேக்கிச் சென்றிருக்கும்.

நிற்காமல் ஓடும் ரயில்

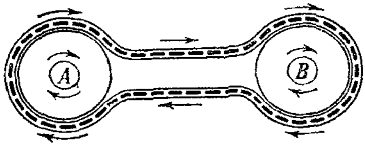
சாதாரண ரயில் பிளாட்பாரம் ஒன்றில் நீங்கள் நின்று கொண்டு, விரைந்து ஓடும் ஒரு துரித ரயில் வண்டியினுள் தாவி ஏற வேண்டுமானல், அது ஒரு சாகசச் செயலாகவே உங்களுக்குத் தோன்றும். ஆனல், பிளாட்பாரமும் ஓடுவதாக —ரயில் வண்டியின் அதே வேகத்திலும் அதே திசையிலும் ஓடுவதாக—வைத்துக் கொள்வோம். அப்போது ரயில் வண்டிக்குள் ஏறுவது கடினமாகவா இருக்கும்?

இருக்கவே இருக்காது. நின்று கொண்டிருக்கும் ரயில் வண்டியில் எவ்வளவு சுலபமாக ஏறிக்கொள்ளலாமோ அவ்வளவு சுலபமாகவே அப்போது ஏறிக்கொள்ளலாம். நீங்களும் ரயில் வண்டியும் ஒரே திசையில் ஒரே வேகத்தில் ஓடத் தொடங்கிவிட்டால், உங்களைப் பொறுத்தவரை ரயில் வண்டி நிலைப்பு நிலையிலே இருப்பதாகும். அதன் சக்கரங்கள் சுற்றிக் கொண்டுதான் இருக்கும், ஆயினும் உங்களைப் பொறுத்த வரை, அவை இடம் பெயராமல் இருப்பதாகவே தோன்றும்.

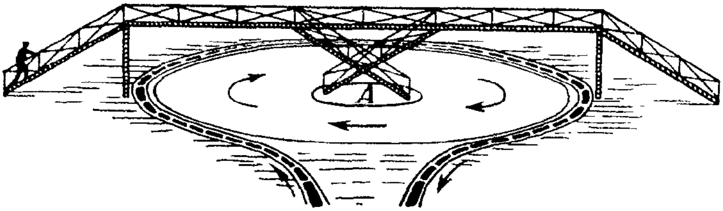
திட்டமாகச் சொல்லப் போனால், நிலையாக நிற்பதாக நாம் கருதும் யாவுமே—எடுத்துக்காட்டாக, ரயில் நிலையத்தில் வந்து நிற்கும் ரயில் வண்டி—நம்மோடு கூடப் பூமியின் அச்சைச் சுற்றியும்,சூரியனைச் சுற்றியும் மெய்யாகவே நகர்ந்து கொண்டிருக்கின்றன. ஆனால், இந்த இயக்கம் நம்மைச் சிறிதும் பாதிப்பதில்லை. ஆதலால், அதை நாம் புறக்கணித்து விடலாம்.

ரயில் வண்டி நிற்காமல் ஓடியவாறே பயணிகளை ஏற்றிக் கொள்ளவும் இறக்கிவிடவும் எளிதில் ஏற்பாடு செய்ய முடியும். கண்காட்சிகளில் பார்க்க வேண்டியவை அனைத்தையும் விரைவாகவும் வசதியாகவும் பார்க்கும் பொருட்டு இத்தகைய ஏற்பாடுகள் செய்யப்படுகின்றன. காட்சித் திடலின் நுழைவாயிலும் வெளிவாயிலும் நிற்காது ஓடும் ரயிலினால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். பயணிகள் தங்கள் சௌகரியப்படி ஓடும் ரயில் பெட்டிகளினுள் ஏறவோ, அவற்றிலிருந்து இறங்கவோ செய்யலாம்.

படங்கள் 3ம், 4ம் இந்த வேடிக்கையான அமைப்பைப் பற்றி நமக்கு ஓரளவு விளக்கம் தருகின்றன. படம் 3இல் உள்ள Aயும், Bயும் இறுதி நிலையங்களைக் குறிக்கின்றன. ஒவ்வொரு இறுதி நிலையத்திலும் பெரியதொரு சுழலும் வட்டின் நடுவில் வட்டவடிவமுள்ள நிலையான பிளாட்பாரம் ஒன்று இருக்கின்றது. இரண்டு நிலையங்களின் சுழலும் வட்டுக்களைச் சுற்றி ரயில் பெட்டிகளின் தொடர் வளைந்து செல்லும்படி ரயில் பாதை அமைக்கப்பட்டுள்ளது. வட்டு சுழலும் போது என்ன நிகழ்கிறது என்பதைக் கவனியுங்கள். வட்டின் வெளி விளிம்புக்குள்ள அதே வேகத்துடனேயே ரயில் பெட்டிகள் வட்டுகளைச் சுற்றிச் செல்லுகின்றன. எனவே, பயணி அபாயம் எதுவுமின்றி வட்டிலிருந்து ரயில் வண்டியினுள் ஏறவோ, வண்டியிலிருந்து வட்டின்மீது இறங்கவோ முடியும். இறங்கிய பின், பயணி சுழலும் வட்டின் மையத்தை நோக்கி



படம் 3. A, B நிலையங்களுக்கிடையே நிற்காமலே ஓடும் ரயில். அது எப்படி இயங்குகிறது என்பதை அடுத்த படம் காட்டுகிறது.



படம் 4. நிற்காமல் ஓடும் ரயிலின் நிலையம்.

நடந்து, நடுவிலுள்ள நிலையான பிளாட்பாரத்திற்குச் செல்லுகிறார். இங்கு, நகரும் வட்டின் உள் விளிம்பிலிருந்து நிலையான பிளாட்பாரத்திற்குக் கடந்து செல்வது எளிதாகவே இருக்கும்; ஏனெனில், ஆரம் சிறியதாக இருந்தால் பரிதி வேகமும் குறைவாகவே இருக்கும். (வெளிவிளிம்பிலுள்ள புள்ளிகளைவிட உள்விளிம்பிலிருக்கும் புள்ளிகள் மிகவும் மெல்லவே நகருவதால்—ஏனெனில், ஒரே கால அளவில் அவை மிகவும் குறைவான நீளமுள்ள பரிதியில் இயங்குகின்றன—இது இயற்கையே.) இப்போது, ரயில் நிலயத்திற்கு வெளியே பயணி செல்வதற்கு அவர் மேம்பாலத்தில் ஏறிச் சென்ருல் போதும் (படம் 4).

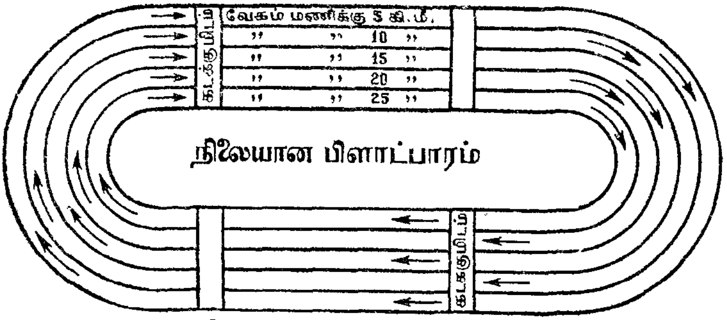
ரயில் வண்டி அடுத்தடுத்து நிற்க வேண்டியிராததால் நேரமும் ஆற்றலும் நிறைய மீதமாகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, டிராம் வண்டிகள், நின்றபின் வேகம் எடுப்பதிலும் நிற்பதற்குமுன் வேகத்தைக் குறைப்பதிலும் மிகுந்த நேரத்தையும் ஆற்றலில் ஏறக்குறைய மூன்றில் இரு பங்கையும் இழக்கின்றன. நிற்க, டிராம் வண்டிகள் வேகத்தைக் குறைக்கும்போது இழக்கும் ஆற்றலை, டிராமின் மின்சார மோட்டார்களை மின்னுக்கிகளைப்போல இயங்கச் செய்து, மின்னோட்டத்தைத் திசைமாற்றி மின்சுற்று மண்டலத்திற்கு அனுப்புவதன் வாயிலாக குறைக்கலாம். பெர்லின் நகரின் ஒரு சுற்று வட்டாரமான ஷார்லட்டன்பர்கில் டிராம் வண்டிப் போக்குவரத்திற்கான மின்சாரச் செலவு இம்முறையில் 30 சதவீதம் குறைக்கப்பட்டது. [விளாடிவஸ்தோக்—மாஸ்கோ மின்சார ரயில் பாதையில் இம்முறை இப்போது விரிவாகக் கையாளப்படுகிறது.—பதிப்பாசிரியர்.]

ரயில் வண்டிகளில் பயணிகள் ஏறுவதற்கும் அவற்றி லிருந்து இறங்குவதற்கும் ரயில் நிலையங்களில் ஓடும் பிளாட் பாரங்கள் கூட அவசியமில்லை. துரித ரயில்வண்டி ஒன்று, ஒரு சாதாரண நிலையாஃ பிளாட்பாரத்தின் பக்கமாக விரைந்து செல்வதாக வைத்துக் கொள்ளலாம். அது நிற்காமலேயே மேலும் சில பயணிகளை ஏற்றிக் கொள்ளும்படி செய்ய வேண்டும். அந்த ரயில் வண்டி செல்லும் பாதைக்கு இணை யான மற்றொரு ரயில் பாதையில் நின்று கொண்டிருக்கும் ரயில் வண்டியில் இந்தப் பயணிகள் ஏறவேண்டும். இந்த வண்டி புறப்பட்டு ஓடத் தொடங்கி, துரித வண்டியின் வேகத்தை அடையும். இரு ரயில் வண்டிகளும் இணையாக வரும்போது அவை ஒன்றையொன்று பொறுத்தவரை நிலைப்பு நிலையில் இருக்கும். அப்போது, பயணிகள் நடைபாதைகள் வழியே துணை வண்டியிலிருந்து துரித வண்டிக்கு எளிதில் சென்றுவிடலாம். ஆகவே ரயில் வண்டிகள் நிலையங்களில் நிற்க வேண்டிய அவசியம் இராது.

நகரும் நடைபாதைகள்

இதுகாறும் கண்காட்சிகளில் மட்டுமே பயன்படுத்தப்பட் டிருக்கும் பிறிதொரு சாதனமான ''நகரும் நடைபாதை'' என்பதும் ஒப்பு இயக்கக் கொள்கையின் அடிப்படையில் அமைந்ததுதான். முதன் முதலில், நகரும் நடைபாதைகள் 1893 சிக்காகோ கண்காட்சியில்தான் வந்தன. 1900இல் பாரி ஸில் நடைபெற்ற கண்காட்சியிலும் நகரும் நடைபாதைகள் இருந்தன.

வெவ்வேறு வேகங்களுடன் நகரும் ஐந்து நடைபாதை கள் கொண்ட ஓர் அமைப்பைப் படம் 5 காட்டுகிறது. எல்லா வற்றிற்கும் வெளிப்பக்கமாக உள்ள பாதை மிகவும் மெல்ல நகருவதாகும். அதன் வேகம் மணிக்கு 5 கிலோமீட்டர். நாம் சாதாரணமாக நடக்கும் வேகமும் அதுவே ஆதலால், அதில் ஏறிக்கொள்வது நமக்கு எளிதாகவே இருக்கும். அதற் கடுத்த இரண்டாவது பாதை மணிக்கு 10 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் நகருகிறது. நிலையானதொரு நடைபாதையிலிருந்து அதில் தாவி ஏறுவது ஆபத்தானதே. ஆனல், முதலாவது நடைபாதையிலிருந்து இரண்டாவதற்குச் செல்வது எளிதா



நிலையான நடைபாதை

படம் 5. நகரும் நடைபாதைகள்.

யிருக்கும்; ஏனெனில், மணிக்கு 5 கி. மீ. வேகத்தில் நகரும் முதலாவதுடன் ஒப்பிடும் போது, மணிக்கு 10 கி. மீ. வேகத்தில் செல்லும் இரண்டாவது மணிக்கு 5 கி. மீ. வேகத்திலேயே நகருகிறது. அதாவது, முதலாவது நடைபாதையிலிருந்து இரண்டாவது நடைபாதைக்குச் செல்வது தரையிலிருந்து முதலாவதற்குச் செல்வதைப் போல் அவ்வளவு சுலபமானதே ஆகும். மூன்ருவது நடைபாதை மணிக்கு 15 கி. மீ. வேகமுடையது; ஆனல், இங்கும், இரண்டாவது நடைபாதையிலிருந்து மூன்ருவதற்குக் கடந்துசெல்வது சுலபம். அங்ஙனமே, மணிக்கு 20 கி. மீ. வேகத்தில் இயங்கும் நான்காவது நடைபாதைக்கு மூன்ருவதிலிருந்து செல்வதும், கடைசியாக, மணிக்கு 25 கி. மீ. வேகத்தில் நகரும் ஐந்தாவது நடைபாதைக்கு நான்காவதிலிருந்து போவதும் எளிதே ஆகும். பயணி இவ்வாறு ஐந்தாவது நடைபாதையை அடைந்து தமது இலக்குக்கு வந்து சேருகிருர். இனி அங்கிருந்து அடுத்தடுத்த நடைபாதைக்கு மாறிச் சென்று நிலையான தரைக்குத் திரும்பி வருவார்.

சிக்கலான இயக்கவியல் விதி

நியூட்டனின் மூன்று இயக்கவியல் அடிப்படை விதிகளுள், பிரசித்திபெற்ற மூன்ருவது விதியான செயல், எதிர்ச்செயல் விதியைப் போல அவ்வளவு குழப்பமானது வேறு எதுவும்

இல்லை. இந்த விதி மிகப் பலருக்கும் தெரிந்ததே. சிற்சில சந்தர்ப்பங்களில் இதைச் சரியாகப் பிரயோகிக்கவும் சிலருக்குத் தெரியும். எனினும், இதை முழுமையாகப் புரிந்துகொள்வோர் மிகச் சிலரே. எடுத்ததும் உடனே இந்த விதியைப் புரிந்து கொண்டுவிடும்படி ஒருவேளை நீங்கள் அதிர்ஷ்டசாலியாய் இருந்திருக்கலாம். ஆனால் எனக்கு இதன் சாரப் பொருள் தெளிவாய்ப் புலப்பட பத்து ஆண்டுகள் ஆகி விட்டன.

இந்த விதி குறித்து நான் விவாதித்திருக்கும் மிகப் பெரும்பாலோரும் இது சரியான விதிதான் என்று ஏற்றுக் கொண்டாலும், சில முக்கிய ஆட்சேபங்களைத் தெரிவிக்கிறார்கள். இயங்காது நிலையாய் இருக்கும் பொருள்களுக்கு இந்த விதி பொருந்தக் கூடியதே என்பதை அவர்கள் ஒத்துக் கொள்கிறார்கள். ஆனால் இயக்கத்திலுள்ள பொருள்கள் ஒன்றோடொன்று செயல்படும்போது இந்த விதியை எப்படி அனுசரிக்க முடியும் என்பது அவர்களுக்கு விளங்கவில்லை. ஒவ்வொரு செயலுக்கும் அதற்குச் சமமானதும் நேர் எதிரானதுமாகிய எதிர்ச்செயல் ஒன்று எப்போதும் இருப்பதாய் இவ்விதி கூறுகிறது. எனவே, குதிரை ஒன்று ஒரு வண்டியை இழுக்கும் போது, வண்டியும் குதிரையை அதே விசை கொண்டு இழுப்பதாக ஆகிறது. அப்படியானால் வண்டி இருந்த இடத்திலேயே இருக்க வேண்டும், இல்லையா? ஆயினும், அது நகருகின்றது. இவ்விரு விசைகளும் சமமாயிருந்தும் ஏன் அவை ஒன்றையொன்று ரத்து செய்து கொள்வதில்லை?

இவ்விதி குறித்துப் பேச்சு வரும்போது வழக்கமாக எழுப்பப்படும் வாதம் இது. இவ்விதி தவறு என்பதா இதன் அர்த்தம்? இல்லவே இல்லை. நாம் அதைச் சரியாகப் புரிந்து கொள்ளவில்லை என்பதுதான் அர்த்தம். விசைகள் **வெவ்வேறு** பொருள்கள்மீது(ஒன்று வண்டியின் மீதும் மற்றொன்று குதிரையின் மீதும்) பிரயோகிக்கப்படுவதால் அவை ஒன்றையொன்று ரத்து செய்து கொண்டுவிடுவதில்லை. விசைகள் என்னவோ சமம்தான்; ஆனால், சமமான விசைகள் ஒரே விதமான செயலையே புரிய வேண்டும் என்பதில்லையே. சமமான விசைகள் எல்லாப் பொருள்களுக்கும் சமமான வளர்வேகத்தையா உண்டாக்குகின்றன? ஒரு பொருளின் மீது ஒரு விசையினால் ஏற்படும் செயல் அப்பொருளைப் பொறுத்தது

அல்லவா? மற்றும் அப்பொருள் அந்த விசையின் செயலுக்குப் புரியும் எதிர்ச்செயலின் மதிப்பையும் பொறுத்தது அல்லவா? இதை நாம் ஆலோசிக்க முற்படுவோமாயின், வண்டியானது குதிரையைப் பின்னோக்கி அதே விசையுடன் இழுத்த போதிலும் எப்படி குதிரையால் வண்டியை முன்னே இழுத்துச் செல்ல முடிகிறது என்பது உடனே தெளிவாகிவிடும். வண்டியின் மீது செயல்படும் விசையும் குதிரையின் மீது செயல்படும் விசையும் எந்தவொரு கணத்திலும் அளவில் சமமாய் இருப்பினும், வண்டி அதன் சக்கரங்களைக் கொண்டு தடையின்றி நகர்கிறபடியாலும் குதிரை தரையை அழுத்தி முன்னே செல்கிறபடியாலும், குதிரை இழுக்கும் திசையில் வண்டி ஏன் உருண்டு ஓடுகிறது என்பதைப் புரிந்து கொண்டு விடலாம். தவிரவும் குதிரையின் இழு விசைக்கு வண்டி எதிர்ச் செயல் புரியாவிடில், கொஞ்சம் தள்ளிவிட்டதுமே வண்டி நிற்காமலே ஓடத் தொடங்கிவிடுமாதலால், குதிரை நமக்குத் தேவையற்றதாகிவிடும் என்பதையும் நாம் புரிந்து கொள்ள வேண்டும். வண்டியின் எதிர்ச்செயலைத் தொடர்ந்து சமாளிக்கும் பொருட்டே நமக்குக் குதிரை தேவைப்படுகிறது.

''செயல் அதற்குரிய எதிர்ச்செயலுக்குச் சமம்'' என்று வழக்கமான முறையில் சுருக்கமாய்ச் சொல்வதற்குப் பதில் இவ்விதியை ''எதிர்ச்செயல் புரியும் விசை செயல் புரியும் விசைக்குச் சமமானது'' என்பதாய்ச் சொல்வோமாயின் விவகாரத்தைப் புரிந்து கொள்வது சற்று சுலபமாகிவிடும். விசைகள் தான் சமமானவை. விசைகளின் செயல்களை வழக்கம் போல் பொருள்களின் இடப்பெயர்ச்சியாய்க் கொள்வோமாயின், இச்செயல்கள் சாதாரணமாய்ச் சமமானவை அல்ல; ஏனெனில் இவ்விசைகள் வெவ்வேறு பொருள்கள்மீது செயல்படுகின்றன.

1934 பிப்ரவரியில் ''செல்யூஸ்கின்'' என்னும் சோவியத் கப்பல் ஆர்க்டிக் பெருங்கடலில் நொறுங்கிவிட்டது. இதன் காரணத்தை நியூட்டனின் மூன்றாவது விதி விளக்குகிறது. ''செல்யூஸ்கின்'' கப்பலின் உடற்பகுதியைப் பனிக்கட்டி அழுத்தியபோது கப்பலின் உடலும் சமமான விசையோடு திருப்பி அழுத்தியது. நொறுங்கிப்போகாமல் இந்த அழுத்தத்தைக் கனமான பனிக்கட்டியினால் எதிர்த்து நிற்க முடிந்தது; ஆனால், உருக்கினால் செய்யப்பட்டிருந்தாலும் கப்பலின்

பொள்ளலான உடல் இந்த விசையைத் தாக்குப்பிடிக்க முடியாமல் நொறுங்கிப் போயிற்று. (''செல்யூஸ்கினின்'' விபத்து குறித்து மேலும் விவரமாய்ப் பிற்பாடு கூறுவோம்.)

கீழே விழும் ஒவ்வொரு பொருளும் இதேபோல எதிர்ச் செயல் விதிக்குக் கீழ்ப்படியவே செய்கிறது. ஆனால் இரு விசைகளையும் நாம் உடனடியாய்க் காண முடிவதில்லை. பூமி யின் ஈர்ப்பினால் கவர்ந்து இழுக்கப்படுவதனால்தான் ஆப்பிள் பழம் கீழே விழுகிறது. ஆயினும், ஆப்பிள் பழமும் அதே விசையோடு பூமியைக் கவர்ந்திழுக்கிறது. திட்டமாகச் சொன் னால், ஆப்பிள் பழமும் பூமியும் ஒன்றையொன்று நோக்கி விழுகின்றன; ஆனால் அவை விழும் வேகங்கள் வெவ்வே றானவை. சம அளவுள்ள இந்தப் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி விசைகள் ஆப்பிள் பழத்திற்கு வினாடியின் வர்க்கத்திற்குச் 9.8 மீட்டர் வளர்வேகத்தைத் தருகின்றன; பூமிக்கோ, பூமியின் நிறை ஆப்பிள் பழத்தின் நிறையைவிட எவ்வளவு மடங்கு அதிகமா யுள்ளதோ, அவ்வளவு மடங்கு குறைவான வளர்வேகத்தைத் தான் அளிக்கின்றன. பூமியின் நிறை ஆப்பிள் பழத்தின் நிறை யைவிட நம்பமுடியாத மடங்கு அதிகம் அல்லவா? எனவே, பூமியின் இயக்கம், அதாவது, அதற்கு ஏற்படும் பெயர்ச்சி மிக மிகக் குறைவாக—அது இல்லை என்றே நடைமுறையில் சொல்லும் அளவிற்குக் குறைவாக—இருப்பதில் வியப்பு ஒன்றும் இல்லை. ''ஆப்பிள் பழமும் பூமியும் ஒன்றை ஒன்று நோக்கி விழுகின்றன'' என்பதற்குப் பதிலாக, ஆப்பிள் பழம் பூமியை நோக்கி விழுகிறது என்று நாம் ஏன் சொல்கிறோம் என்பது இப்போது தெளிவாய் விளங்கும். (பொழுதுபோக்கு இயந்திரவியல் என்னும் நூலின் முதல் அத்தியாயத்தில் எதிர்ச் செயல் விதியைப்பற்றி நீங்கள் மேலும் காணலாம்.)

ஸ்வியத்தகோர் அழிந்தது ஏன்?

ருஷ்ய நாட்டுக் கதைகளில் ஒன்று பூமியையே தூக்க முயன்ற ஸ்வியத்தகோர் என்னும் காப்பிய வீரன் ஒருவனைப் பற்றிக் கூறுகிறது. ஆர்க்கிமிடீசும் அங்ஙனமே செய்வதாய்க் கூறியதாகவும், நெம்புகோலுக்கான ஆதாரத்தானம்

ஒனற்ற அவருக்குத் தேவைப்பட்டதாகவும் சொல்வதுண்டு. ஆனல், ஸ்வியத்தகோருக்கு மாபெரும் வலு இருந்த தால், அவனுக்கு நெம்புகோல் தேவைப்படவில்லே. தனது வலுமிக்க கைகளால் பிடித்துக் கொள்வதற்கு ஏதாவது ஒன்று வேண்டுமென்றே அவன் விரும்பினுன்.

''பிடிப்பு மட்டும் கிடைத்து விட்டால்
நானே உலகைத் தூக்கி விடுவேன்.''
நம்பகமான தனது புரவியை விட்டுக்
கீழே இறங்கினுனே ஸ்வியத்தகோர்;
தனது இரண்டு கைகளிஞலும்
பைதனேக் கெட்டியாய்ப் பிடித்துக் கொண்டான்;
தூக்கினுன் அதையும் முழங்கால் மேலே;
முகத்தினில் வழிந்தது விழிநீரன்று,
செங்குருதி அப்படிப் பெருகியது;
பூமியின் உள்ளே அழுந்திஞன்; அவனல்
வெளிவர இயலா நிலேயாயிற்று.
அங்ஙனம் முடிந்ததே அவன் வாழ்வு, ஐயகோ!

செயல், எதிர்ச்செயல் விதியை ஸ்வியத்தகோர் அறியாத வன் போலும். இல்லேயேல் பூமியின் மீது தனது பிரம்மாண்ட பலத்தைச் செலுத்திஞல், பூமியும் அதே அளவுள்ள பிரம் மாண்ட விசையைத் தன்மேல் செலுத்தித் தன்னேத் தரைக் குள் அழுத்திவிடும் என்பதை அவன் உணர்ந்து கொண்டிருப் பான். ஆனல் பூமியை அழுத்திஞல் அது எதிர்ச்செயல் புரி வதை நெடுங் காலத்துக்கு முன்பே மக்கள் கவனித்திருந்தனர் என்பதை இந்தக் கதை காட்டுகிறது. அழியாப் புகழ் கொண்ட தமது **பிரின்சிப்பியா** நூலில் நியூட்டன் முதன் முதல் எடுத்துரைப்பதற்குப் பல்லாயிர ஆண்டுகளுக்கு முன்பே மக்கள் தம்மை அறியாமலே எதிர்ச்செயல் விதியைக் கையாண்டு வந்தனர்.

ஆதாரமின்றி ஒருவர் நடக்க முடியுமா?

நாம் நடக்கும்போது கால்களால் தரையை உதைத்துத் தள்ளிக்கொண்டு நகருகிருேம். மிகவும் மழமழப்பான தரை யிலோ, பனிக்கட்டி மீதோ நம்மால் நடக்க முடிவதில்லே.

ஏனெனில் கால்களை ஊன்றி அழுத்தித் தள்ளிக்கொண்டு நகர முடிவதில்லை. நீராவி ரயில் இஞ்சின் தனது இயக்கும் சக்கரங்களினால் இருப்புப் பாதையை அழுத்தித் தள்ளிக் கொண்டு நகருகிறது. தண்டவாளங்களின் மீது எண்ணெய்ப் பசை யிட்டு அவற்றை மழமழப்பாக்கி விட்டால், இஞ்சின் நகராமல் இருந்த இடத்திலேயே இருக்கும். குளிர் காலங்களில் சில சமயம் ஈரம் மாறி மாறி உறைந்தும் உருகியும் வரும் போது ரயில் வண்டியை நகரச் செய்வதற்கு இஞ்சினின் சக்கரங்களுக்கு முன்பாகத் தண்டவாளங்களின் மீது மணல் தூவப்படுகிறது. இருப்புப் பாதைகள் முதன்முதலில் போடப் பட்டபோது, சக்கரங்களும் தண்டவாளங்களும் பற்சக்கர இணைப்பால் பொருத்தப்பட்டன. தண்டவாளத்தைச் சக்கரங்கள் அழுத்தித் தள்ளிக் கொண்டு நகரும்பொருட்டே அவ்வாறு செய்யப்பட்டது. துடுப்புக்களின் அல்லது திருகின் உதவியினால் கப்பல் தண்ணீரில் தன்னைத் தள்ளிக் கொண்டு நகருகிறது. விமானமும் புரொப்பெல்லரின் துணை கொண்டு காற்றில் தன்னை நகர்த்திக் கொள்கிறது. சுருங்கக் கூறின் ஊடகம் எதுவாயினும் நகரும் பொருள் அந்த ஊடகத்தைத் தனக்கு ஆதாரத் தளமாய்க் கொள்கிறது. ஆனால் இப்படி ஆதாரத் தளம் எதுவும் இல்லையேல் ஒரு பொருளால் நகர்ந்து செல்ல முடியுமா?

ஆதாரத் தளம் இல்லாமல் எதனாலும் நகர்வது அசாத்தியம் என்பதாகவே நினைப்பீர்கள். யாராலும் தனது தலைமுடிகளைப் பிடித்துத் தன்னை உயரத் தூக்குவது எவ்வளவு அசாத்தியமோ அது போலத்தான் இதுவும் என்பீர்கள். அண்டப் புளுகரான முன்ஹாவுசென் பிரபுவாலன்றி வேறு யாராலும் தன் முடிகளைப் பிடித்துத் தன்னைத் தூக்க முடியாது. ஆதாரத் தளமின்றி எதுவும் நகர்வது இயலாத காரியமாய்த் தோன்றினாலும், அடிக்கடி இது நிகழக் காண்கிறோம். எதனாலும் தன்னகத்தே அமைந்த விசைகளின் செயலைக் கொண்டு மட்டும் தானாகவே அப்படியே நகர்ந்து செல்ல முடியாது என்பது மெய்தான். ஆனால் அது தனது ஒரு பகுதியை ஒரு திசையிலும், ஏனைய பகுதிகளை நேர் எதிரான ஒரு திசையிலும் நகர்ந்து போகும்படி வைக்கலாம். வாணவெடி வீரிட்டு விண்நோக்கி உயர்ந்து செல்வதைப் பார்த்திருப்பீர்கள். ஆனால் அது எப்படி இவ்விதம் மேலே உயர்ந்து செல்கிறது

என்று நீங்கள் ஆலோசித்தது உண்டா? இப்பொழுது நாம் விவாதிக்கும் இயக்க வகைக்கு இந்த வாணவெடி ஒரு தெளிவான எடுத்துக்காட்டு.

ராக்கெட்டு ஏன் மேலே செல்கிறது?

பௌதிகவியல் மாணவர்களிடமிருந்துகூட, ராக்கெட்டு பறப்பதற்கு முற்றிலும் தவருன விளக்கத்தை அடிக்கடி கேட்கலாம். வெடிமருந்து எரிவதால் உண்டாகும் வாயுக்களால், **காற்றை அழுத்தித் தன்னை உந்தித் தள்ளிக் கொள்வதால்** அது பறப்பதாய் அவர்கள் காரணம் கூறக் கேட்கலாம். பண்டைக் காலத்தவர்களும் இப்படித்தான் நினைத்தனர்; ராக்கெட்டு வாணங்கள் மிகப் பழங்காலத்திலேயே கண்டுபிடிக்கப் பட்டவை. இன்றுங்கூட பலரும் இவ்வாறே நினைக்கின்றனர். வெளி அல்லது காற்று இல்லாத வெற்றிடத்தில் வாணத்தைக் கொளுத்திவிட்டால் அப்போதும் அது பறக்கும். காற்றில் பறப்பதைவிட அதிக வேகமாகவே பறக்கும். வாணம் பறப்பதற்கு உண்மையான காரணம் முற்றிலும் வேருகும். 1881ம் ஆண்டில் ஜார் அரசர் இரண்டாம் அலெக்சாந்தரைக் கொலை செய்ய முயன்றதற்காக மரண தண்டனை பெற்ற ருஷ்யப் புரட்சியாளர் கிபால்சிச், சிறைக் கொட்டடியில் எழுதிய குறிப்புக்களில் ராக்கெட்டு இயக்கத்தைப் பற்றிய மிகத் தெளிவான எளிய விளக்கத்தையும், தாம் கண்டு பிடித்த பறக்கும் வாகனத்தின் விவரணையையும் குறிப்பிட்டிருக்கிருர். பறக்கும் ஒரு வாகனத்துக்கான ராக்கெட்டு இஞ்சினின் அமைப்பை விளக்கி அவர் பின்வருமாறு எழுதினுர்:

''ஒருபுறம் மூடப்பட்டும் மறுபுறம் திறந்துமுள்ள ஒரு தகர உருளையினுள் வெடிமருந்து நெருக்கமாக நிரப்பப்பட்டதும் நடுவில் மெல்லிய நீள் துளை அமைந்துள்ளதுமான அதே அளவுள்ள மற்ருெரு உருளை புகுத்தப்படுகிறது. இத் துளையினுள் எரிவு ஆரம்பமாகி உருளையில் அடைக்கப்பட்ட வெடிமருந்தின் வெளிப் பரப்புக்குச் சிறிது நேரத்தில் பரவுகிறது. எரிவால் உண்டாகும் வாயுக்கள் ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் அழுத்துகின்றன. பக்கங்களில் வாயுக்கள் செலுத்தும் அழுத்தம் ரத்தாகிவிடுகிறது. ஆனல் உருளையின் அடிப்பாகத்

தின் மீது அவை செலுத்தும் அழுத்தம்—இங்கு வாயுக்கள் வெளியே போவதற்கான வழி இருப்பதால்—எதிர்ப்பு அழுத்தம் ஒன்றினுல் சமனப்படுத்தப்படுவதில்லை. எனவே, கொளுத்தி விடுவதற்குமுன் வாகனம் நிறுத்தி வைக்கப்பட்டிருந்த திசையில் வாயுக்கள் அதை உந்தித் தள்ளுகின்றன.''

பீரங்கியிலிருந்து குண்டு சுடப்படும்போதும் இதுவே நிகழ்கின்றது—குண்டு முன்னேக்கிப் பறக்கிறது, பீரங்கி பின்னுல் நகருகிறது. ஒரு சாதாரணத் துப்பாக்கி அல்லது சுடும் கருவி ஏதாவதொன்றின் ''பின் உதைப்புக்கும்'' காரணம் இதுவேதான். பீரங்கி எதன்மீதும் நிறுத்தப்படாமல் காற்றிலே தொங்க விடப்பட்டிருந்தால், குண்டு சுடப்பட்டதும் பீரங்கியைவிட குண்டு எத்தனை மடங்கு இலேசானதோ குண்டின் வேகத்தைவிட அத்தனை மடங்கு குறைவான வேகத்தில் பீரங்கி பின்னேக்கி உதைக்கிறது.

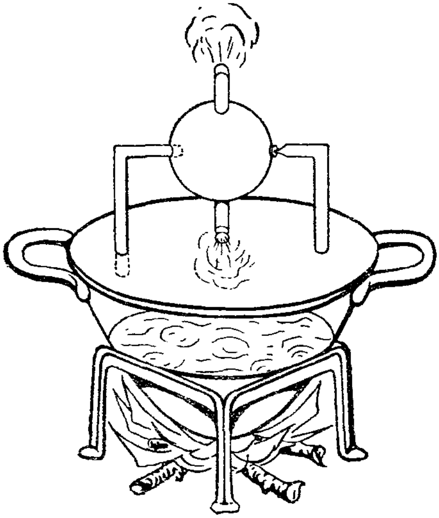
19ம் நூற்ருண்டைச் சேர்ந்த பிரெஞ்சு எழுத்தாளரான ஜூல் வேர்ன் எழுதியிருக்கும் தலைகீழ் என்னும் விஞ்ஞானப் புதினத்தின் கதாநாயகர்கள் ''பூமியின் சுழற்சி அச்சை நிமிர்க்கும்'' மாபெரும் திட்டம் ஒன்றை செயல்படுத்தும் பொருட்டு மிகப் பெரிய பீரங்கியின் பின் உதைப்பைப் பயன்படுத்த நினைத்தனர்.

ராக்கெட்டும் ஒரு பீரங்கியே; ஆனுல் அது குண்டுகளைச் சுடுவதற்குப் பதிலாக, எரிவினுல் உண்டாகும் வாயுக்களை வெளியே பீறிட்டுப் பாயச் செய்கிறது. வாணவேடிக்கைகளில் நீங்கள் பார்த்திருக்கக்கூடிய சுழலும் ''காதரைன் சக்கரம்'' எனப்படும் சுழல் வாணம் சுழலுவதற்கும் இதுவேதான் காரணம். சக்கரத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் குழாய்களில் உள்ள வெடிமருந்து எரியத் துவங்கும்போது எரிவாயுக்கள் ஒரு நுனியின் வழியாகப் பீறிட்டு வெளியேறுகின்றன. வெடிமருந்துக் குழாய்களும் அவை இணைக்கப்பட்டுள்ள சக்கரமும் எதிர்த் திசையில் சுழலுகின்றன. ''செக்னர் சக்கரம்'' எனப்படும் பிரசித்தி பெற்ற பௌதிகவியல் கருவியின் மாற்று அமைப்பே இந்த வாணம்.

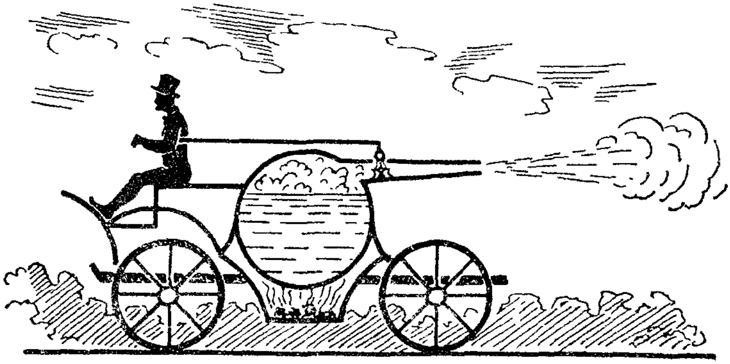
நீராவிக் கப்பல் கண்டுபிடிக்கப்படுவதற்கு முன்பாகவே, இந்த ராக்கெட்டுக் கோட்பாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்ட விசைக் கப்பலுக்கான திட்டம் ஒன்று இருந்தது. கப்பலின் பின்பகுதியில் அமைக்கப்பட்ட சக்திவாய்ந்த நீர்

இறைவியால் நீர்த் தாரையைப் பீச்சியடித்து, கப்பலை முன்னே நகரச் செய்வதே அத்திட்டம். (இக்கோட்பாட்டிற்கு நேரடியாகச் செய்முறை விளக்கம் தருவதற்காகப் பள்ளியில் பௌதிகச் சோதனைக்கூடங்களில் செய்யப்படும் பரிசோதனையில், மிதக்கும் தகரத்துண்டுகள் எவ்வாறு முன்னேக்கி நகரும்படி செய்யப்படுகின்றனவோ, அதே முறையில் இக்கப்பலை ஓடச் செய்யத் திட்டமிடப்பட்டது.) ஆனால் இந்த நீர்ப் பீச்சுக் கப்பல் திட்டம் அப்பொழுது செயல்படுத்தப்படவில்லை. ஆயினும் இது நீராவிக் கப்பலைக் கண்டுபிடிக்க பூல்டனுக்கு உதவியது. [நீர்த்தாரைப் பீச்சுக் கப்பல்கள் தற்போது சோவியத் யூனியனில் கட்டப்பட்டுள்ளன.—பதிப்பாசிரியர்.]

கி. மு. இரண்டாம் நூற்றுண்டில் அலெக்சாண்டிரியாவில் இருந்த ஹெரோன் என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட மிகப் பழமையான நீராவி இயந்திரம் இதே கோட்பாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டதுதான். கொதிகலத்திலிருந்து வரும் நீராவி (படம் 6) கிடைமட்ட அச்சில் பொருத்தப்பட்ட ஒரு கோளத்தினுள் குழாய் வழியாகச் செல்கிறது. முழங்கை வடிவுள்ள குழாய்களின் வாயிலாகப் பீச்சிக் கொண்டு வெளிவரும் நீராவி அக்குழாய்களை எதிர்த் திசையில் தள்ளுகிறது. கோளமும் சுழலத் தொடங்குகிறது. துரதிர்ஷ்டவசமாக, ஹெரோனின் நீராவி டர்பைன் வேடிக்கையான



படம் 6. உலகத்தின் மிகப் பழைய நீராவி இயந்திரம் அல்லது டர்பைன். அலெக்சாண்டிரியாவைச் சேர்ந்த ஹெரோன் இதைக் கண்டுபிடித்ததாய்க் கூறப்படுகிறது (சுமார் கி. மு. 200).



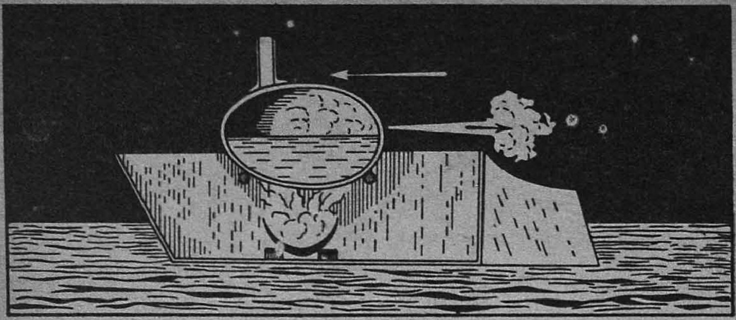
படம் 7. நியூட்டனால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதாகக் கருதப் படும் நீராவி வண்டி.

விளையாட்டுப் பொருளாகவே இருந்து வந்தது. ஏனெனில், வேலை செய்வதற்கு அடிமைகள் மலிவாகக் கிடைத்ததால் ஹெரோனின் இயந்திரத்தைப் பயன்படுத்த ஒருவரும் நினைக் கவில்லை. ஆயினும், அதன் அடிப்படைக் கோட்பாடு மறக்கப் படவில்லை; அதைப் பயன்படுத்தி இன்று ஜெட் டர்பைன்கள் அமைக்கப்படுகின்றன.

இதே கோட்பாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்ட நீராவி விசை வண்டிக்கான மிகப் பழமையான திட்டங்களுள் ஒன்றை, செயல், எதிர்ச்செயல் விதியைக் கண்டுபிடித்த நியூட் டன் எடுத்துக் கூறியதாகக் கருதப்படுகிறது. அதன்படி, சக்கரங்கள் பொருத்தப்பட்ட கொதிகலத்திலிருந்து வரும் நீராவி பின்னோக்கிப் பீறிட்டுச் சென்று, கொதிகலத்தை முன்னோக்கித் தள்ளுவதாய் இத்திட்டம் குறிப்பிட்டது (படம் 7).

ராக்கெட்டினால் இயங்கும் தானியங்கி வாகனங்கள் நியூட்டன் வண்டியின் நவீன மாற்றமைப்பே ஆகும்.

தாமே பலவும் செய்து பார்க்க விரும்புவோருக்காகப் படம் 8இல் நியூட்டன் நீராவி வண்டியை ஒத்த காகிதக் கப்பல் ஒன்று காட்டப்படுகிறது. காலி முட்டை ஓட்டாலான கொதிகலனுக்கு அடியில் ஒரு குப்பியில் ஆல்கஹாலில் தோய்ந்த

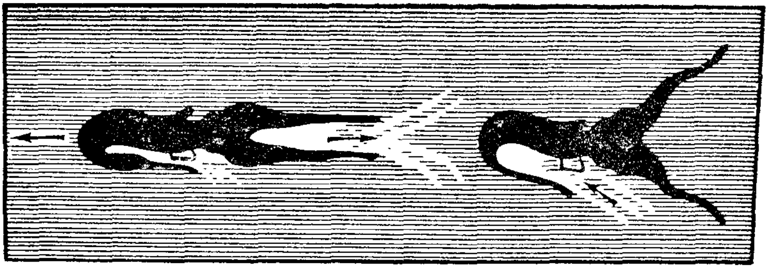


படம் 8. முட்டை ஓட்டுக் கொதிகலத்துடன் கூடிய காகிதத்தாலான விளையாட்டு நீராவிக் கப்பல். குப்பியிலுள்ள ஆல்கஹால் எரிந்து தேவையான வெப்பத்தை அளிக்கிறது. கொதிகலத்திலிருந்து வெளியாகும் நீராவி, கப்பலை எதிர்த்திசையில் நகர்த்துகிறது.

பஞ்சு எரிக்கப்பட்டு முட்டை ஓட்டிலுள்ள நீர் கொதிக்க வைக்கப்படுகிறது. பீறிட்டு வெளிவரும் நீராவி இந்தக் கப்பலை எதிர்த்திசையில் ஓடச் செய்கிறது.

கணவாய்மீன் எவ்வாறு நீந்துகிறது?

இதைக் கேட்டால் உங்களுக்கு விசித்திரமாகவே இருக்கும்; ஆனால் ''தன் தலைமுடிகளைப் பிடித்துத் தன்னை உயரத் தூக்குவதற்கு'' ஒப்பான ஒரு முறையைக் கையாண்டே நீர் வாழ் உயிர்வகைகள் சில நீரில் நீந்துகின்றன. கணவாய் மீனும், பொதுவாய் தலைக்காலிகள் (cephalopodae) எனப்படும் இனத்தவை பெரும்பாலானவையும் இவ்விதம்தான் நீரில் நீந்திச் செல்கின்றன. விலாப் புறத்திலுள்ள கீற்றுத் துளை மூலமும் முன்பக்கமுள்ள தனிவகைப் புனலின் மூலமும் அவை நீரைத் தமது செவுகளில் இழுத்துக் கொள்கின்றன. பின்னர், இந்தப் புனல் வழியாக ஒரு தாரையாக நீரை வெளியே பீச்சியடிக்கின்றன. எதிர்ச்செயல் விதிக்கேற்ப இது அவற்றின் உடலை நீரில் எதிர்த்திசையில் தள்ளி விடுவதற்குப் போதுமான வலுவுள்ள பின் உதைப்பு விசையை அளிக்கிறது. கணவாய்மீன் தனது புனலைப் பக்கவாட்டிலோ பின்



படம் 9. கணவாய்மீன் எவ்வாறு நீந்துகிறது.

புறமோ திருப்பி, நீர்த்தாரைகளை அனுப்பி, எந்தத் திசையிலும் நகருகிறது.

சொறிமீன் அல்லது நுங்குமீன் என்பதும் இதே வகையில்தான்—தனது தசைகளைச் சுருக்கி, குடைவடிவ உடலின் அடிப்பகுதியிலிருந்து நீரைப் பீச்சியடித்துப் பின் உதைப்பு விசையைப் பெற்று—நகருகிறது. தட்டாரப் பூச்சிகளின் முட்டைப் புழுக்களான சல்பாஸ்களும் வேறுசில நீர்ப்பிராணிகளும் இதே முறையில்தான் நீந்துகின்றன. அது எப்படி முடியும் என்று நாம் வியப்புற்ற அதே முறையில்தான் இவை நீரில் இடம் பெயர்ந்து செல்கின்றன.

நட்சத்திரங்களுக்குச் செல்லும் ராக்கெட்டு*

சந்திரனுக்கும் ஒரு கோளிலிருந்து மற்றொரு கோளுக்கும் பயணம் செய்வது விந்தையிலும் விந்தையான ஓர்

* இந்தப் புத்தகம் 1936ல் எழுதப்பட்டது என்பதை வாசகர்கள் நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

விண்வெளி நிலையங்கள் இன்று பூமிக்கு அருகாமையிலுள்ள விண்கோள்களுக்குச் செல்கின்றன. சந்திரனிலிருந்து இவை மண்ணை பூமிக்குக் கொண்டுவந்து சேர்க்கின்றன. ஸ்பூத்னிக்குகள் நாள்தோறும் விண்வெளியிலே செலுத்தப்படுகின்றன. ஏற்கனவே மனிதர்கள் சந்திரனில் இறங்கிவிட்டுத் திரும்பி வந்துள்ளனர்.

விண்வெளிச் சகாப்தம் தொடங்கிப் பல ஆண்டுகளாகிவிட்ட இந்நிலைமைகளில், கிரக மண்டலப் பயணங்களை ஆதரித்து பெரெல்மான் இங்கு எழுதுவதைப் படிக்கையில் இன்றைய வாசகர்களுக்கு வேடிக்கையாய்த் தோன்றும். இங்கு நாம் 1936ல் பெரெல்மான் எழுதியதை மாற்றமின்றி அப்படியே தருகின்றோம்.—**பதிப்பாசிரியர்.**

அனுபவம் அல்லவா? இது குறித்து எழுதப்பட்டிருக்கும் விஞ்ஞானப் புதினங்கள் கணக்கற்றவை! மைக்ரோமெக்சில் வால்ட்டேரும், சந்திரனுக்குப் பயணம், ஹெக்டர் ஸெர்வடாக் ஆகியவற்றில் ஜூல் வேர்னும், சந்திரனில் முதல் மனிதர்கள் நூலில் எச். ஜி. வெல்ஸும் இன்னும் சற்றுக் குறைவான திறமையுள்ள மிகப் பல எழுத்தாளர்களும் மயிர்க்கூச் செறியும் பயணங்கள் பலவற்றின் மூலம் நம்மை விண்கோள்களுக்கு அழைத்துச் சென்றிருக்கின்றனர். இப்பயணங்கள் கற்பனையில்தான் இதுகாறும் நடந்தேறியுள்ளன, இன்னமும் நாம் தமது தாய்க் கோளாகிய பூமியை விட்டகல முடியாமல்தான் கட்டுண்டிருக்கிறோம். ஏனெனில், நாம் இன்னமும் நமது கிரகமாகிய பூமியின் கைதிகளாகவே இருக்கின்றோம்.

ஒரு கோளிலிருந்து மற்றொரு கோளுக்குப் பயணம் செல்வதற்கான விசித்திரமான திட்டங்களைப் பற்றி நாம் பின்னால் கவனிப்போம். இதற்கிடையில், ருஷ்ய விஞ்ஞானி கான்ஸ் தன்தீன் சியால்கோவ்ஸ்கி முதன்முதலில் எடுத்துக் கூறிய நடைமுறைத் திட்டம் ஒன்றைப் பற்றிச் சொல்லுகிறேன்.

விமானத்தில் ஒருவன் சந்திரனுக்குப் பறந்து செல்ல முடியுமா? முடியவே முடியாது. விமானங்களும் ஜெப்பலின்களும் (ஆகாயக் கப்பல்களும்), காற்றில் மிதந்து காற்றை உந்தித் தள்ளிக் கொண்டு பறக்கின்றன. பூமிக்கும் சந்திரனுக்கும் இடையே காற்றோ, ''கோள்களுக்கிடையே செல்லும் கப்பலைத்'' தாங்குவதற்குப் போதுமான அடர்த்தியுள்ள வேறு எதுவுமோ இல்லை. எனவே, யாதொரு தாங்கியுமின்றிப் பறந்து செல்லக்கூடிய வாகனத்தைக் கண்டுபிடித்தாக வேண்டும். இது போன்ற ஒரு வாகனம்—விளையாட்டு ராக்கெட்டு—ஏற்கனவே விளக்கப்பட்டுள்ளது. பயணிகள், அவர்களுக்குத் தேவையான சாமான்கள், காற்றுக் கலன்கள், மற்றும் அவசியமான பண்டங்கள் ஆகியவற்றுக்கான தனித்தனி அறைகள் கொண்ட மாபெரும் ராக்கெட்டு ஒன்றை அமைக்க முடியாதா? அத்தகைய ராக்கெட்டை ஓட்டுபவர்கள் போதிய அளவிற்கு எரிபொருள்களை எடுத்துச்சென்று, எந்தத் திசையிலும் வாயுக்களைத் தாரையாய்ப் பீறிட்டுப் பாயச் செய்வதாக வைத்துக் கொள்ளலாம். அது சந்திரனுக்கும் பிற கோள்களுக்கும் நம்மை அழைத்துச் செல்லக்கூடிய விண்வெளிக் கப்பலாகிவிடும். அதை ஓட்டுவோர் வாயுக்

களைப் பிரீட்டுப் பாயச் செய்து தீங்கில்லாத முறையில் வேகத்தைப் படிபடியாய் வளரச் செய்ய முடியும். ஏதேனும் ஒரு கிரகத்தில் இறங்க விரும்பும் போது, இதற்கு மாருய் அவர்கள் வேகத்தைக் குறைத்துச் சென்று மிருதுவாய்க் கிரகத்தில் தரையிறங்க முடியும். இதே முறையை அனுசரித்து அவர்கள் அங்கிருந்து பூமிக்குத் திரும்பி வரலாம்.

கடந்த சில காலமாய்த்தான் விமானங்கள் ஓரளவு முனைப்புடன் முன்னேறி வருகின்றன. இன்று அவை மலைகளையும் பாலைவனங்களையும் பெருங்கண்டங்களையும் மாகடல்களையும் தாண்டுகின்றன. அடுத்த இருபது அல்லது முப்பது ஆண்டுகளுக்குள் விண்வெளிப் பயணத்தில் இதைப் போன்றதொரு முன்னேற்றம் ஏற்படுவது சாத்தியமே. அப்பொழுது மனிதன் பல்லூழிக் காலமாய் தன்னை இந்தப் புவிக் கோளத்துடன் கட்டுண்டுவிடச் செய்திருக்கும் கண்ணுக்குப் புலப்படாத தளைகளை முறித்தெறிந்துவிட்டு, எல்லையற்ற பிரபஞ்சப் பெருவெளிகளுக்கு எல்லாம் போய் வர முற்படுவான்.

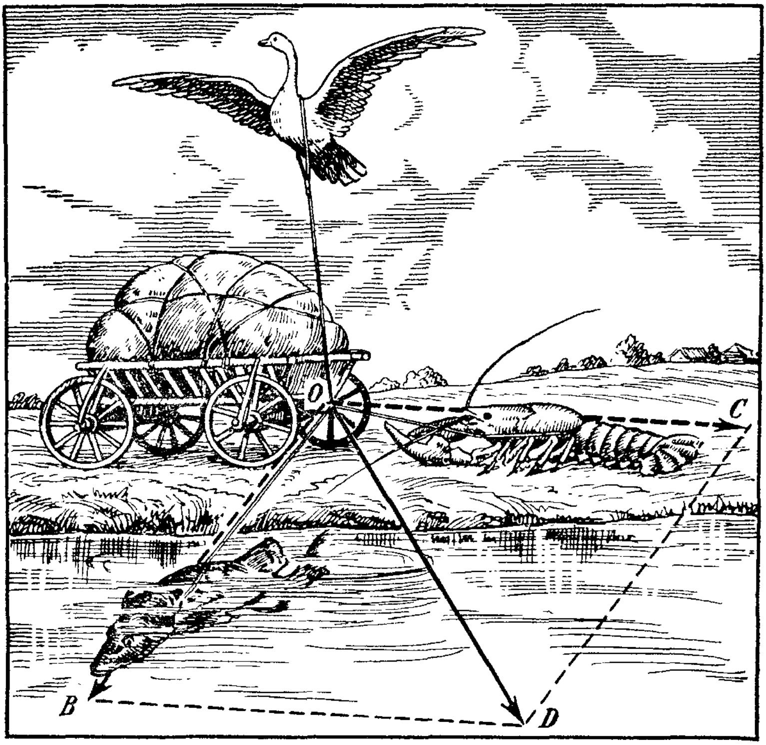
அத்தியாயம் இரண்டு

விசை. பணி. உராய்வு

கிரிலோவ் கதையின் பிரச்சினை

அன்னம், நண்டு, பைக்மீன் இம்மூன்றும் சேர்ந்து ஒரு வண்டியை இழுக்க முயன்றதாய் ஒரு கதை கூறுவது உண்டு. 19ஆம் நூற்றாண்டு மாபெரும் ருஷ்ய எழுத்தாளர் இவான் கிரிலோவ் இக்கதையின் பல வகைகளில் ஒன்றை எழுதினார். இந்தக் கதையை அறிந்தோர் பலரும் இதை இயந்திரவியலின் கண்ணோட்டத்திலிருந்து ஆராய்ந்து பார்த்திருக்க மாட்டார்கள். அப்படி ஆராய்ந்தால் நாம் வந்தடையும் முடிவு கிரிலோவ் கூறும் முடிவிலிருந்து மாறானதாய் இருக்கும். பல விசைகள் தம்மிடையே வெவ்வேறு கோணங்களில் அமைந்து செயல்படும் இயந்திரவியல் பிரச்சினையையே இக்கதை எழுப்புகிறது. வண்டியை அன்னம் மேலேயும், நண்டு பின்னாலும், பைக்மீன் ஆற்றுக்குள்ளும் இழுக்கின்றன. அன்னத்தின் மேல்நோக்கு இழுப்பு, பைக்மீனின் பக்கவாட்டு இழுப்பு (OB), நண்டின் பின்புற இழுப்பு (OC) ஆகிய இம்மூன்று விசைகளையும் படம் 10 காட்டுகிறது. மேலும், நான்காவது விசை ஒன்று—கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் வண்டியின் எடையும் — இருப்பதை மறந்து விடாதீர்கள். கதையில், வண்டி இருந்த இடத்திலேயே அசையாமல் இருந்ததாக, அதாவது வண்டியின்மீது செயல்படும் விசைகள் எல்லாவற்றின் தொகுபயன் பூஜ்யம் என்பதாய் கிரிலோவ் கூறுகிறார்.

இது உண்மைதானா? அன்னம் மேல்நோக்கி இழுப்பது நண்டும் பைக்மீனும் இழுக்கும் வழியில் குறுக்கிடுவதில்லை. மாறாக, அவற்றுக்கு உதவுகிறது என்றுகூடச் சொல்லலாம்; எப்படியெனில் (வண்டி சற்று இலேசானது என்று இக்கதையில் கூறப்படுகிறது) அன்னத்தின் இழுப்பு பூமியின் ஈர்ப்பு



படம் 10. அன்னம், நண்டு, பைக்மீன் ஆகியவை பற்றிய கிரிலோவ் பிரச்சினை இயந்திரவியல் விதிகளுக்கேற்பத் தீர்க்கப்பட்டுள்ளது. தொகுபயன் விசை OD, வண்டியை ஆற்றினுள் இழுத்துச் சென்றுவிடும்.

இழுப்பிற்கு எதிராகச் செயல்படுவதால், சக்கரங்களுக்கும் தரைக்குமிடையேயும் சக்கரங்களுக்கும் அவற்றின் இருசு களுக்குமிடையேயும் உள்ள உராய்வைக் குறைத்து, அதன் மூலமாக வண்டியின் எடையைக் குறைக்கிறது; அல்லது அந்த எடையை ரத்து செய்வதாகவேகூட கொள்ளலாம். பிரச் சினையை எளிமையாக்கும் பொருட்டு, அன்னத்தின் மேல் நோக்கு இழுப்பு வண்டியின் எடையை ரத்து செய்துவிடு வதாகவே வைத்துக் கொள்வோம். அப்போது நண்டின் இழுப்பு, பைக்மீனின் இழுப்பு ஆகிய இரு விசைகள் மட்டுமே

எஞ்சுகின்றன. கதையிலிருந்து, இவ்விரு விசைகளும் எந்தத் திசைகளில் செயல்படுகின்றன என்பது—வண்டியை நண்டு பின்னேக்கியும் பைக்மீன் அதை ஆற்றுக்குள்ளும் இழுப்பது—நமக்குத் தெரியும். ஆறு வண்டிக்குப் பக்கத்தில் இருக்க வேண்டுமே தவிர, வண்டிக்கு முன்பாக இருக்க முடியாது என்பது தெளிவு—ஏனெனில் கிரிலோவின் கதையில் வரும் மூவரும் வண்டியை ஆற்றுக்குள் தள்ளிவிட விரும்பவில்லை என்பது உறுதி. எனவே, நண்டு, பைக்மீன் இவை இரண்டின் இழுப்புக்களும் தம்மிடையே ஒரு கோணத்தில் அமைந்து செயல்படுகின்றன. இந்த விசைகள் ஒரே திசையில் (அதாவது, ஒரே கோட்டில்) அமையாத வரை இவற்றின் தொகு பயன் விசை பூஜ்யமாக இருக்க முடியாது.

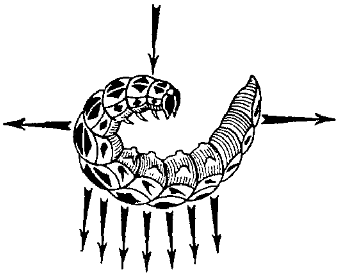
இயந்திரவியல் விதிகளைப் பிரயோகித்து, OB, OC ஆகியவற்றைப் பக்கங்களாகக் கொண்ட விசைகளின் இணைகரம் ஒன்றை வரைந்தால், அதன் மூலைவிட்டமான OD தொகு பயன் விசையின் அளவையும் திசையையும் குறிப்பிடும். இத் தொகுபயன் விசை வண்டியை நகர்த்த வேண்டும் என்பது—அதிலும், அதன் எடை அன்னத்தின் இழுப்பினல் முற்றிலுமோ, ஓரளவிற்கோ ரத்தாவதனல் நிச்சயமாக அதை நகர்த்தவேண்டும் என்பது — தெளிவு. அடுத்த கேள்வி: வண்டி எந்தத் திசையில் நகரும்—முன்புறமாகவா, பின்புறமாகவா, பக்கவாட்டிலா? அது, இரு விசைகளுக்குள்ள விகிதத்தையும் அவற்றினிடையேயுள்ள கோணத்தையும் பொறுத்தது.

விசைகளை நீங்கள் பகுத்திருந்தால், அன்னத்தின் இழுப்பு வண்டியின் எடையை ரத்து செய்யாவிடினும்கூட, வண்டி இருந்த இடத்திலேயே இருக்க முடியாது என்பது விளங்கும். சக்கரங்களுக்கும் அவற்றின் இருசுகளுக்கும் இடையே அல்லது சக்கரங்களுக்கும் சாலைக்குமிடையே உள்ள உராய்வு, செயல்படும் விசைகளின் தொகுபயனைவிட அதிகமாயிருந்தால்தான் வண்டி நகராமல் இருக்கும். ஆனல், அப்போது கிரிலோவ் கூறுவது போல வண்டி அவ்வளவு இலேசாய் இருந்திருக்க முடியாது. எவ்வாருயினும், வண்டி இருந்த இடத்திலேயே இருக்கும் என்று கதாசிரியர் கூற ஆதாரம் எதுவும் இல்லை—ஆயினும் இதனல் இக்கதை போதிக்கும் நீதி மாறிவிடவில்லை.

''நண்பர்கள் பிளவுபட்டால் காரியம் நடைபெறுது'' என்று கிரிலோவ் கூறும் இந்த நீதி இயந்திரவியலுக்கு அவ்வளவாய்ப் பொருந்தாது என்பதைக் குறிப்பிட வேண்டும். விசைகள் வெவ்வேறு திசைகளில் செயல்படலாம், இருந்த போதிலும் அவை பயனற்றதாகி விடுவதில்லை. உழைப்பாளி களுக்கு எடுத்துக்காட்டாய்க் கிரிலோவ் போற்றும் விடா முயற்சியுடைய எறும்புகள், அவர் கேலி செய்யும் அதே முறையைக் கையாண்டு தங்கள் காரியத்தைச் சாதித்துக் கொள்ளுகின்றன என்பது பலருக்கும் தெரியாத உண்மை யாகும். விசைகளின் தொகுபயன்தான் எறும்புகளுடைய இந்தச் சாதனைக்குக் காரணம். எறும்புகள் வேலை செய்வதை நீங்கள் கவனித்தால், அவற்றின் புத்திசாலித் தனமான ஒத்துழைப்பு எனத் தோன்றுவது வெறும் கற்பனையே என் பதை உணர்வீர்கள். ஏனெனில், மற்றவை என்ன செய்கின்றன என்பதைப் பற்றிக் கவலைப்படாமல், ஒவ்வோர் எறும்பும் தனிப்பட தன் போக்கிலே வேலை செய்கின்றது.

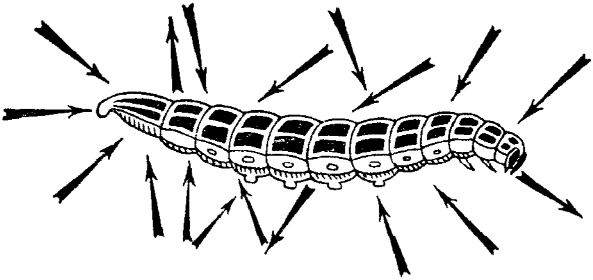
எலாச்சிச் என்னும் விலங்கியல் அறிஞர் தமது இயல் பூக்கம் என்னும் நூலில் எறும்புகள் வேலை செய்வதைப் பற்றிப் பின்வருமாறு எழுதியுள்ளார்:

''பத்துப் பதினைந்து எறும்புகள் தமக்குக் கிடைத்த ஒரு பெரிய இரையைச் சம தரையில் இழுத்துச் செல்லும் போது, அவை யாவும் ஒரே விதமாகச் செயல் புரிகின்றன; எனவே மேம்போக்காய்ப் பார்க்கும்போது, அவற்றிடையே ஒத்துழைப்பு இருப்பது போல் தோன்றுகிறது. ஆனால், அவை இழுத்துச் செல்லும் இரை, கம்பளிப் பூச்சி என்பதாய்க் கொள்வோம்—ஒரு கூழாங்கல்லினாலோ, புல்லினாலோ தடுக்கப்படுகையில் என்ன நடைபெறுகிறது? தடையைத் தாண்டிச் சென்றாக வேண்டும்; இனி கம்பளிப்பூச்சி



படம் 11. கம்பளிப்பூச்சியை எறும்புகள் இழுத்துச் செல் கின்றன.

யை நேராக முன்னேக்கி இழுத்துச் சென்றுவிட முடியாது. அப்போது ஒவ்வோர் எறும்பும் தனது கூட்டாளிகளுடன் சேர்ந்து ஒத்துழைக்க வேண்டும் என்னும் நினைவே இல்லாமல், தனிப்பட தன் சொந்த வழியில் தடையைச் சமாளிக்க முயலுவதைக்

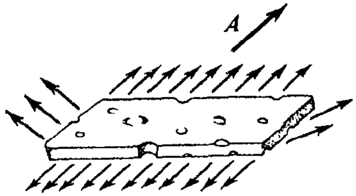


படம் 12. எறும்புகள் வேலை செய்யும் போது, செயல்படும் விசைகளை அம்புக்குறிகள் தோராயமாகக் காட்டுகின்றன.

காண்பீர்கள் (படங்கள் 11, 12). ஒன்று வலது பக்கம் இழுக்கிறது. மற்றொன்று இடது பக்கம் இழுக்கிறது. மூன்றாவது முன்புறமாக இழுக்கிறது. நான்காவது பின்புறமாக இழுக்கிறது. பின்னர், அவை இடம் மாறிக் கொள்கின்றன. கம்பளிப் பூச்சியைப் பிறிதோர் இடத்தில் பற்றிக்கொண்டு, ஒவ்வோர் எறும்பும் தன் இஷ்டப்படித் தன் போக்கில் தள்ளிக் கொண்டோ, இழுத்துக் கொண்டோ நகருகிறது. கம்பளிப் பூச்சியை நான்கு எறும்புகள் ஒரு திசையிலும் ஆறு எறும்புகள் வேறொரு திசையிலும் இழுப்பதற்கு ஒப்பான முறையில் எறும்புகளுடைய இழு விசைகள் தொகுந்துவிடவே, நான்கு எறும்புகளினால் ஏற்படும் எதிர்ப்பை மீறி, ஆறு எறும்புகள் இழுக்கும் திசையிலேயே முடிவில் கம்பளிப் பூச்சி நகருகிறது.''

எறும்புகளிடையே காணப்படும் இந்தப் போலியான ஒத்துழைப்பை விளக்குவதற்கு அறிவூட்டும் தெளிவான மற்றோர் எடுத்துக்காட்டு. 25 எறும்புகள் செவ்வக வடிவிலுள்ள

பாலாடைக் கட்டி ஒன்றை இழுப்பதைப் படம் 13 காட்டுகிறது. A என்னும் அம்புக்குறி சுட்டிக்காட்டும் திசையில் பாலாடைக் கட்டி மெல்ல நகருகிறது. முன் வரிசை எறும்புகள் பாலாடைக் கட்டியை முன்புறமாக இழுக்கும் போது, பின் வரிசை எறும்புகள் அதை முன்னேக்கித் தள்ளும் என்றும், பக்கத்திலுள்ள எறும்புகள் தமது நண்பர்களுக்கு உதவியாயிருக்கும் என்றும் நீங்கள் நினேக்கலாம். ஆனல், உண்மை அதுவன்று. ஒரு கத்தியினல் பின்வரிசையை எறும்புகளேப் பாலாடைக் கட்டியிலிருந்து தனியே பிரித்துவிடுங்கள். உடனே பாலாடைக் கட்டி முன்னேவிட வேகமாக முன்னேக்கி நகரத் தொடங்குகிறது. இதிலிருந்து, பின்வரிசையில் உள்ள பதினெரு எறும்புகளும் பாலாடைக் கட்டியைப் பின்னேக்கியே இழுத்துக் கொண்டிருந்தன, முன்னேக்கி அல்ல என்பது தெரிகிறது. அவற்றில் ஒவ்வொன்றும் பாலாடைக் கட்டியைப் பின்னேக்கியே இழுத்து எறும்புப் புற்றுக்குக்கொண்டு சேர்க்க முயன்றது என்பதும், எனவே, முன்வரிசை எறும்புகளுக்குப் பின்வரிசை எறும்புகள் உதவுவதற்குப் பதிலாக அவற்றின் முயற்சிக்கு ஊக்கத்துடன் தடங்கலே செய்து வந்தன என்பதும் தெளிவாகின்றன. உண்மையில், பாலாடைக் கட்டியை முன்னுக்கு இழுக்க நான்கு எறும்புகளின் முயற்சியே போதுமானதாகும். ஆனல், அவை தங்கள் முயற்சிகளே இணேத்து ஒரு முகப்படுத்தவில்லே ஆதலால், பாலாடைக் கட்டியை முன்புறமாகத் தள்ளுவதற்கு 25 எறும்புகள் தேவைப்படுகின்றன.



படம் 13. பாலாடைக் கட்டியை எறும்புகள் தமது புற்றுக்கு இழுத்துச் செல்லுதல். A அம்புக்குறி எறும்புப் புற்று இருக்கும் திசையைக் காட்டுகிறது.

எறும்புகளிடையேயுள்ள இந்த அதிசயமான ''ஒத்துழைப்பை'' 19ம் நூற்றுண்டைச் சேர்ந்த தலைசிறந்த அமெரிக்க நகைச்சுவை எழுத்தாளரான மார்க் டுவைன் கவனிக்க நேர்ந்தது. வெட்டுக்கிளி ஒன்றின் காலேத் தற்செயலாகக் கண்டு பற்றிக்கொண்ட ஓர் எறும்புக்கும் மற்ருேர் எறும்புக்கு

மிடையே ஏற்பட்ட மோதலை அவர் பின்வருமாறு விவரித்தார்:

''...வெட்டுக்கிளிக் காலின் எதிர் முனைகளைப் பற்றிக் கொண்டு, முழு பலத்துடன் எறும்புகள் எதிர்த் திசைகளில் இழுக்கின்றன.... ஏதோ தவறு நேர்ந்துவிட்டது என்று தீர்மானிக்கின்றன; ஆனால், அது என்னவென்று அவற்றால் புரிந்துகொள்ள முடியவில்லை.... ஒன்றையொன்று அவை குற்றம் சாட்டிக் கொள்கின்றன.... வாக்குவாதம் முற்று கிறது, கடைசியில் சண்டையில் முடிகிறது... ஒருவாறு அவை சமாதானம் செய்துகொண்டு, முன்போலவே முட்டாள்தனமான முறையில் மீண்டும் வேலையைத் தொடங்கு கின்றன; ஆனால், முடமான எறும்பினால் சரியாக வேலை செய்ய முடியவில்லை; எவ்வளவுதான் அது இழுத்தாலும், மற்ற எறும்பு இரையோடுகூட அந்த எறும்பையும் சேர்த்து இழுத்துச் செல்கிறது. விட்டுவிடுவதற்குப் பதிலாக முடமான எறும்பு பிடிவாதமாக இழுத்துக்கொண்டே இருக்கிறது....'' கிண்டலாய் எழுதியதென்றாலுங்கூட டுவைன் பின்வருமாறு கூறுவதில் தவறு இல்லை: ''எறும்பு ஒன்றும் வேலை செய்வ தில்லை; தன்னை யாராவது கவனித்துக் கொண்டிருக்கிறார், அதுவும் அப்பாவியான ஒருவர் ஆவலுடன் உற்று நோக்கு கிறார், குறிப்புகள் எழுத முற்படுகிறார் என்பது தெரிந்ததும் தான் அது வேலை செய்யத் தொடங்குகிறது.''

முட்டையோட்டை உடைத்தல்

19ஆவது நூற்றாண்டு ருஷ்யப் பேரெழுத்தாளரான கோகொல் எழுதிய **இறந்த ஆன்மாக்கள்** என்னும் நாவலின் பாத்திரமான ''மாபெரும் அறிவாளி'' கிபா மோகியெவிச் மூளையைக் குழப்பிக் கொண்டு தீர்க்க முயன்ற தத்துவப் பிரச்சினைகளுள் ஒன்று வருமாறு: ''யானைகள் முட்டை யிலிருந்து பிறப்பதாக வைத்துக்கொள்ளலாம். அந்த முட்டை யோடு நிரம்பத் தடிமனாகவே இருக்க வேண்டும். பீரங்கிக் குண்டினால் கூட அதைத் துளைக்க முடியாது, புதியதொரு சுடு கருவி கண்டுபிடித்தால்தான் அதைத் துளைக்க முடியும்.''

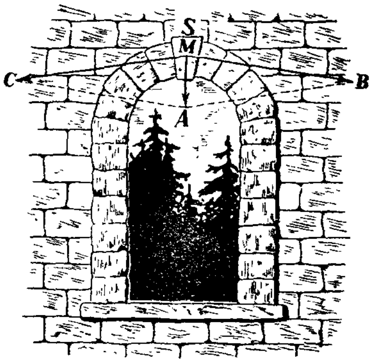
சாதாரண முட்டையோடு யாரும் நினைப்பது போல அவ்வளவு சுலபமாய் உடைந்துவிடக் கூடியது அல்லவென்று கோகொலின் தத்துவவியலாளரிடம் கூறியிருந்தால், அவர்

வியப்புற்றிருப்பார். படம் 14இல் காட்டப்பட்டிருப்பது போல் உள்ளங் கைகளுக்கிடையில் வைத்து முட்டையை நொறுக்குவது மெத்தக் கடினம். இதற்குப் பெரு முயற்சி வேண்டியிருக்கும். நீங்கள் இதைச் செய்ய முயலுவீர்களாயின், முட்டை ஓட்டின் கூர்மையான துண்டுகள் கையில் குத்திவிடும், ஜாக்கிரதை!

படம் 14. இவ்வகையில் முட்டையை உடைப்பது சுலபமல்ல.

முட்டையோடு அவ்வளவு வலுவுள்ளதாய் இருப்பதற்குக் காரணம் என்ன? அதன் வளைவான வடிவமே காரணம். வில்வடிவிலுள்ள வளைவுகள், கவிகை மாடங்கள் ஆகியவற்றின் வலுவுக்கும் இந்த வளைவான வடிவமே காரணம்.

கல்லினால் கட்டப்பெற்ற ஒரு சிறிய வளைவுச் சன்னலைப் படம் 15 காட்டுகிறது. S என்னும் பளு (வளைவுப் பகுதிக்கு மேலாக இருக்கும் சுவரின் எடை), வளைவுப் பகுதியின் நடுவிலுள்ள ஆப்பு வடிவமான செங்கல்லின்மீது A எனக் குறிக்கப்பட்டிருக்கும் விசையுடன் அழுத்துகிறது. ஆயினும், இந்த முடிக்கல் ஆப்பு வடிவமுடையதால் அது கீழே விழ முடியாது; தன் பக்கத்திலுள்ள கற்களை அது அழுத்துகிறது, அவ்வளவு தான். இவ்வாறாக, A என்னும் விசை இணைகர விதிக்கேற்ப C, B எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ள இரு விசைகளாகப் பகுக்கப்படுகின்றது. இவ்விரு விசைகளும் பக்கத்திலுள்ள கற்களது எதிர்ப்பு விசையால் ரத்தாகின்றன; பக்கத்துக் கற்களோவெனில் மற்றக்



படம் 15. வளைவு வலுமிக்கதாய் இருப்பதன் காரணம்.

கற்களுக்கிடையே அழுந்தி அமைந்துள்ளன. எனவே, வளைவுப் பகுதியின்மீது மேலிருந்து கீழ்நோக்கி அழுத்தும் விசை அதை நொறுக்க முடியாது. மாறாக, உள்பக்கத்திலிருந்து செலுத்தப்படும் விசை அதை அழித்துவிடுதல் எளிதாகும். செங்கல்களின் ஆப்பு வடிவம் அவை கீழே விழுவதைத் தடுக்குமே தவிர, அவை மேல்நோக்கித் தள்ளப்படுவதைத் தடுக்காது.

முட்டையோடும் ஒரு வளைவுதான். அதன் எல்லாப் பக்கங்களும் வளைந்த வடிவிலுள்ளன. வெளிப் பக்கத்திலிருந்து செயல்படும் அழுத்தம் நாம் நினைப்பது போல அவ்வளவு சுலபமாய் முட்டையோட்டை உடைத்துவிட முடியாது. பளுவான மர மேஜையின் நான்கு கால்களுக்கு அடியிலும் பச்சை முட்டைகள் நான்கை வைத்து மேஜையை நிற்கச் செய்யலாம்; முட்டைகள் உடைந்துவிட மாட்டா (முட்டைகள் உருளாமல் நிற்கும் பொருட்டு முட்டை ஓடுகளுடன் எளிதில் ஒட்டிக் கொள்ளும் பிளாஸ்டர் சுண்ணத்தாலான தாங்கிகளின்மேல் அவற்றை வைக்க வேண்டும்.)

அடை காக்கும் பெட்டைக் கோழி, தனது எடையினால் முட்டைகள் நொறுங்கிவிடுமோ என்று பயப்படத் தேவையில்லை என்பது இப்போது உங்களுக்கு விளங்கும். ஆனால் அதிக வலுவில்லாத கோழிக் குஞ்சு ''இயற்கையின் இருட் சிறையிலிருந்து'' வெளிப்படும்போது, உட்புறமிருந்து மிக எளிதாக முட்டையோட்டை உடைத்துவிடுகிறது.

முட்டையோட்டைப் பக்கவாட்டில் கரண்டியினால் தட்டி ஓட்டின் உச்சிப் பகுதியை உடைக்கையில், வெளியார் தாக்குதலை அது இவ்வளவு பலமாய் எதிர்த்து நிற்கிறதே என்று வியப்புற வேண்டியிருக்கிறது. உள்ளே வளரும் கருவுக்கு இயற்கையானது மிகச் சிறந்த ''கவசம்'' அமைத்துத் தந்துள்ளது.

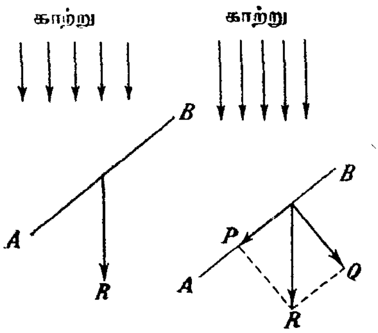
எளிதில் உடைந்துவிடக் கூடியதுபோல் தோன்றும் மின்சார பல்பு எப்படி அவ்வளவு வலுமிக்கதாய் இருக்க முடிகிறது என்பதையும் இதே வளைவு அமைப்பு விளக்குகிறது. வெளிப்புறக் காற்றின் கணிசமான அழுத்தத்தைத் தாக்குப் பிடித்து நிற்பதற்கு இந்தப் பல்புகளுக்குள் எதுவுமில்லை என்பதை நினைக்கையில் அவற்றின் வலு மெய்யாகவே வியக்கத்தக்கதாகும். 10 செ. மீ. விட்டமுள்ள ஒரு பல்பு மொத்

தம் 75 கிலோகிராமுக்கும் அதிகமான அழுத்தத்தை—அதாவது ஒரு முழு ஆளின் எடையை எதிர்த்து நின்ருக வேண்டியிருப்பது குறிப்பிடத்தக்கதாகும். இதைக் காட்டிலும் இரண்டரை மடங்கு கூடுதலான அழுத்தத்தையும் இந்த பல்பால் சமாளிக்க முடியுமென்பது சோதனைகளின் வாயிலாய்க் காட்டப்பட்டிருக்கிறது.

காற்றை எதிர்த்துக் கப்பல் ஓட்டுதல்

பாய்மரக் கப்பல்கள் காற்றின் எதிர்த் திசையிலே செல்கின்றனவே, அது எப்படி? காற்றுக்கு நேர் எதிர்த் திசையில் செல்ல முடியாதுதான், ஆனல் ஏறத்தாழ எதிரான திசையில், அதாவது காற்று அடிக்கும் திசைக்குக் குறுங் கோணத்தில் கப்பலைச் செலுத்த முடியுமென மாலுமிகள் கூறுவர். இந்தக் கோணம் சிறியதே—செங்கோணத்தில் சுமார் கால் பங்கேதான்—என்ருலும், காற்றுக்கு நேர் எதிர்த் திசையில் கப்பலைச் செலுத்துவதற்கும் 22° குறுங்கோணத்தில் செலுத்துவதற்கும் அதிக வித்தியாசம் இருக்க முடியாதென்றே நினைக்கத் தோன்றுகிறது.

ஆனல் உண்மையில் இவை இரண்டுக்கும் வித்தியாசம் இருக்கவே செய்கிறது. பாய்மரக் கப்பல் எப்படி காற்றின் விசையைப் பயன்படுத்திக் காற்றுக்கு எதிர்த் திசையிலே செல்ல முடியும் என்பதை விளக்குகிறேன். ஆனல் அதற்கு முன்பு பொதுவாய்க் காற்று கப்பற் பாய்களின்மீது எவ்விதம் செயல்படுகிறது என்பதை, அதாவது பாயின்மீது வீசும்போது காற்று எத்திசையில் அதைத் தள்ளுகிறது என்பதைக் கவனிப்போம். காற்று எத்திசையில் வீசுகிறதோ அத்திசையில்தான் எப்பொழுதும் அது கப்பற் பாயைத் தள்ளும் என்பதாய் நீங்கள் நினைப்பீர்கள். அது சரியல்ல. காற்று எத்திசையில் வீசினலும் எப்பொழுதும் அது பாயின் தளத்துக்குச் செங்குத்தான திசையிலேதான் பாயைத் தள்ளுகிறது. படம் 16இல் அம்புக் குறிகளால் காட்டப்பட்டிருக்கும் திசையில் காற்று வீசுவதாக வைத்துக் கொள்வோம்; AB என்னும் கோடு பாயைக் குறிக்கிறது. காற்று பாயின் முழுப் பரப்பின் மீதும் சமமாக அழுத்துவதால், காற்றின் அழுத்தத்தைப்

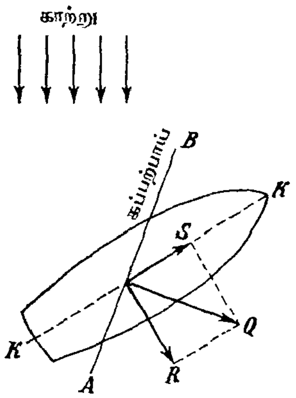


படம் 16. காற்று எப்பொழுதும் பாயின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவே கப்பல் பாயைத் தள்ளும்.

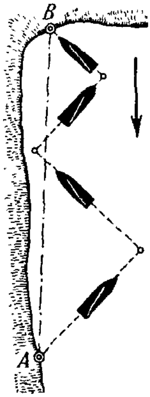
பாயின் மையத்தில் செயல்படும் R என்னும் விசையாகக் கொள்ளலாம். இந்த விசையைப் பகுத்தால், பாய்க்குச் செங்குத்தான Q விசையும் பாய்த் தளத்திலேயே செயல் படும் P விசையும் கிடைக்கின்றன (படம் 16, வலது புறத்திலிருப்பது). காற்றுக்கும் பாய்க்குமிடையேயுள்ள உராய்வு புறக்கணித்துவிடக்கூடிய அளவிற்குக் குறைவாயிருப்பதால் P விசைபாயைச் சிறிதளவு கூடத் தள்ளுவதேயில்லை.

ஆகவே Q விசை ஒன்று மட்டும்தான் எஞ்சுகிறது; இது கப்பற் பாயை அதன் தளத்துக்குச் செங்குத்தான திசையில் தள்ளுகிறது.

இதைத் தெரிந்து கொள்வோமாயின் காற்றுக்கு ஏறத்தாழ எதிர்த்திசையில், காற்றின் திசைக்குக் குறுங்கோணத்தில் பாய்மரக் கப்பலால் எப்படிச் செல்ல முடிகிறது என்பதை நாம் எளிதில் புரிந்து கொண்டுவிடலாம். படம் 17இல் KK என்னும் கோடு கப்பலின் அடித்தண்டைக் குறிக்கின்றது. இந்தக் கோட்டிற்குக் குறுங் கோணத்தில், அம்புகள் குறிக்கும் திசையில் காற்று அடிக்கிறது. AB கப்பற்பாயைக் குறிக்கிறது. கப்பலின் அடித்தண்டின் திசைக்கும் காற்றின் திசைக்குமிடையேயுள்ள கோணத்தைப் பாயின் தளம் சமமாய் வெட்டும்படி பாய் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இந்த விசை எவ்வாறு பகுக்கப்படுகிறது என்பதைப் படம் 17 காட்டுகிறது. பாயின் மீது காற்று ஏற்படுத்தும் அழுத்தத்தைக் குறிப்பது Q என்னும் விசை; அது பாய்க்குச் செங்குத்தாக இருக்க வேண்டும் என்பது நமக்குத் தெரிந்ததே. இதைப் பகுத்தால் கப்பலின் அடித்தண்டுக்குச் செங்குத்தாக R என்னும் விசையும், கப்பலின் அடித்தண்டு திசையில் முன்னோக்கிச் செயல்படும் S என்னும் விசையும் கிடைக்கின்றன. Rஇன் திசையில் கப்பல் நகரும்போது நீரின் வலுவான எதிர்ப்பை



படம் 17. காற்றை எதிர்த்துப் பாய்மரக் கப்பலை ஓட்டுதல்.

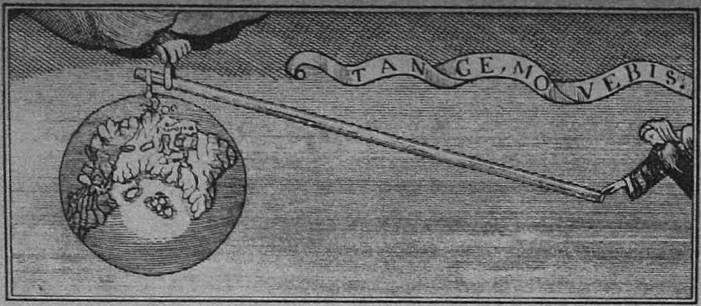


படம் 18. காற்றை எதிர்த்துக் கப்பல் செல்லும் பாதை.

அது சமாளிக்க வேண்டியிருப்பதால் (பாய்மரக் கப்பல்களின் அடித்தண்டுகள் நீருக்குள் ஆழமாய் மூழ்கியிருப்பவை) R என்னும் விசை நீரின் எதிர்ப்பு காரணமாக அனேகமாய் ரத்தாகிவிடுகிறது. அப்போது எஞ்சுவது S என்னும் விசை ஒன்றுதான். அது முன்னோக்கிச் செயல்படுவதால் கப்பலை முன் பக்கமாக காற்றை எதிர்த்தாற் போல் ஒரு கோணத்தில் தள்ளுகிறது. (கப்பலின் அடித்தண்டு, காற்று ஆகியவற்றின் திசைகளுக்கிடையிலுள்ள கோணத்தைப் பாயின் தளம் இரு சமமாய்ப் பகுக்கும் போது S என்னும் விசை அதிகப்பட்ச அளவுள்ளதாயிருக்கும் என்று நிரூபிக்க முடியும்.) படம் 18ல் காட்டப்பட்டிருப்பது போல சாதாரணமாய் நெளிவரியில் கப்பல் செலுத்தப்பட்டு காற்றுக்கு எதிராய் ஓட்டப்படுகிறது.

பூமியைத் தூக்கியிருக்க முடியுமா ஆர்க்கிமிடீசால்?

நெம்புகோல் விதிகளைக் கண்டுபிடித்த பண்டைக் காலத்திய மேதையாகிய ஆர்க்கிமிடீஸ் ''ஆதாரத்தானம் ஒன்று கிடைத்தால் போதும் பூமியையே தூக்கிவிடுவேன்'' என்று சொன்னதாய் ஒரு கதை உண்டு. இது பற்றி புளூட்டார்க்



படம் 19. ''ஆர்க்கிமிடீஸ் பூமியைத் தூக்குதல்.''
(இயந்திரவியல் பற்றி வரிநியோன் என்பவர் எழுதிய புத்தகத்திலுள்ள (1787) படத்தின் பிரதி.)

குறிப்பிடுவதாவது: ''ஆர்க்கிமிடீஸ் தமது உறவினரும் நண்பருமாகிய சிரக்யூஸ் மன்னன் கெய்ரானுக்கு எழுதுகையில் இந்த விசையைக் கொண்டு எந்த பெரிய சுமையையும் நகர்த்திவிடலாம் என்றார். தாம் எடுத்துரைத்த வாதத்தால் அளவிலா ஆர்வமுற்ற ஆர்க்கிமிடீஸ் வேறொரு புவிக்கோளம் இருக்குமாயின் தாம் அங்கே சென்று நமது பூமியைத் தூக்கிக் காட்டுவேன் என்பதாய் எழுதினார்.''

நெம்புகோலின் துணை கொண்டு மிகவும் வலுக் குறைவான விசையாலும் மிகவும் பளுவான சுமையைத் தூக்கிவிடலாம் என்பது ஆர்க்கிமிடீசுக்குத் தெரியும். வலுக் குறைவான விசையை நெம்புகோலின் நீண்ட புயத்தின் மீது பிரயோகித்து, குட்டையான புயத்தைப் பளுவான சுமையின் மீது செயல்படுமாறு செய்தால் போதும். எனவே, நெம்புகோலின் நீண்ட புயத்தைத் தம் கையினால் அழுத்தி, பூமியின் நிறைக்குச் சமமான நிறையுள்ள எடை ஒன்றைத் தூக்க முடியுமென அவர் கருதினார். (பிரச்சினையைத் தெளிவாக்கும் பொருட்டு ''பூமியைத் தூக்குவது'' என்பது பூமியினுடையதற்கு சமமான நிறையுள்ள ஒரு சுமையை பூமியின் மேற்பரப்பில் இருந்தபடி தூக்குவதைக் குறிப்பதாய்க் கொள்வோம்.)

பூமியின் நிறை எவ்வளவு பிரம்மாண்டமானது என்பதை ஆர்க்கிமிடீஸ் அறிந்திருந்தால் இவ்விதம் அவர் கூறியிருக்கமாட்டார். அவருக்கு வேறொரு புவிக்கோளமும் அவர் விரும்

பியது போல் ஆதாரத்தானம் ஒன்றும் கிடைப்பதாகவே வைத்துக் கொள்வோம். மற்றும் தேவையான நீளத்துக்கு ஒரு நெம்புகோலைத் தயாரிக்க முடிவதாகவும் கொள்வோம். பூமியின் நிறைக்குச் சமமான நிறையுள்ள பளுவை, குறைந்த பட்சம் ஒரு சென்டிமீட்டராவது தூக்குவதற்கு அவருக்கு எவ்வளவு நேரம் தேவைப்பட்டிருக்கும், தெரியுமா? **முப்பது லட்சம் கோடி ஆண்டுகள்** தேவைப்பட்டிருக்கும்!

வானவியலாளர்களுக்குப் பூமியின் நிறை எவ்வளவு என்பது தெரியும். (அது எவ்வாறு கணக்கிடப்பட்டது என்பதைத் தெரிந்து கொள்வதற்கு எனது **பொழுதுபோக்கு வானவியல்** என்னும் நூலைப் பார்க்கவும்.) அவ்வளவு நிறையுடைய ஒரு பொருள் நமது பூமியில் இருக்குமாயின் அது

6,00,00,000,00,00,000,00,00,000

(ஆறு கோடி கோடி கோடி) டன் எடையுடையதாய் இருக்கும்.

ஒரு மனிதனுல் நேரடியாக 60 கிலோகிராம் எடையைத் தூக்க முடியும் என்ருல், ''பூமியைத் தூக்குவதற்கு'', குட்டையான புயத்தைவிட

100,00,00,000,00,00,000,00,00,000

(நூறு கோடி கோடி கோடி) மடங்கு அதிக நீளமுள்ள நீண்ட புயத்தைக் கொண்ட நெம்புகோல் தேவைப்படும்!

சிறிய புயத்தின் முனையை ஒரு சென்டிமீட்டர் உயர்த்துவதற்கு, மற்ற புயமானது வானவெளியில்

10,000,00,00,000,00,00,000

(பதினுயிரம் கோடி கோடி) கிலோமீட்டர் நீளத்துக்கு மாபெரும் வில்வளைவில் நகர வேண்டியிருக்கும்.

பூமியை ஒரு சென்டிமீட்டர் அளவு உயர்த்துவதற்கு ஆர்க்கிமிடீஸ் தமது நெம்புகோலை இவ்வளவு பிரம்மாண்டத் தொலைவுக்கு நகர்த்த வேண்டியிருக்கும்! இதைச் செய்வதற்கு எவ்வளவு நேரம் தேவையாயிருக்கும்? 60 கிலோகிராம் எடையை ஒரு விஞடியில் ஒரு மீட்டர் உயரத்திற்கு ஆர்க்கிமிடீஸ் தூக்குவதாகக் கொண்டால்—இது ஏறக்குறைய ஒரு குதிரைத் திறனுள்ள வேலையாகும்!—ஒரு சென்டிமீட்டர்

அளவிற்குப் பூமியை உயர்த்துவதற்கு அவருக்குத் தேவைப் படும் நேரம்

1,00,00,000,00,00,000,00,00,000

விளுடிகள், அதாவது முப்பது லட்சம் கோடி ஆண்டுக ளாகும்! தள்ளாத முதிய வயதுவரை அவர் உயிருடன் இருந் தாலுங்கூட, அவரும் அவருடைய நெம்புகோலும் மிகமிக மெல்லிய மயிரிழை அளவிற்குக்கூடப் பூமியைத் தூக்கி யிருக்க முடியாது.

எவ்வளவுதான் கெட்டிக்காரராக இருப்பினும், எந்த உபாயத்திலுைம் குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்கு அவரால் இந் நேரத்தை குறைத்திருக்க முடியாது! இயந்திரவியலின் ''பொன் விதிக்கு'' ஏற்ப, இயந்திர லாபம் கிடைக்கும் போது, எப்போதும் இடப்பெயர்ச்சியில் இழப்பு—அதாவது, நேரத்தில் நஷ்டம்—ஏற்படும். விளுடிக்கு 3,00,000 கிலோ மீட்டர் வேகத்துடன் (இயற்கையிலேயே இதுதான் அதிகப் பட்ச வேகம்—ஒளியின் வேகமாகும் இது) ஆர்க்கிமிடீஸ் நெம்புகோலேத் தள்ளிலுைம்கூட, ஒரு கோடி ஆண்டுகளாய்த் தள்ளிய பிறகுதான் ஒரு சென்டிமீட்டர் அளவிற்கு அவர் பூமியைத் தூக்கியிருப்பார்.

ஜூல் வேர்னின் பலவானும் ஆயிலர் சூத்திரமும்

ஜூல் வேர்னின் நாவல் ஒன்றில் வரும், ஹெர்க்குலீஸைப் போன்ற மாட்டிபூ என்னும் பலவானைப் பற்றி உங்களுக்கு நினைவிருக்கின்றதா? ''தனது ராட்சத உருவத்திற்கேற்ற அளவுள்ள தலை அவனுக்கு இருந்தது. மார்பு கொல்லன் துருத்தி போலும், கால்கள் துண்டு மரங்களைப் போன்றும், சுத்தியலையொத்த முட்டிகளுடன் கூடிய கைகள் பளுதூக்கி களைப் போலவும் இருந்தன. **மத்தியாஸ் ஸாண்டார்ப்** என் னும் நாவலில் விவரிக்கப்பட்டுள்ள அவனது தீரச் செயல் களுள் ஒன்று, ''டிரபகோலோ'' என்னும் பெருங் கப்பலை அவன் தனது கைகளினுல் நிறுத்தி வைத்ததாகும். ஜூல் வேர்ன் அத்தீரச் செயலைப் பின்வருமாறு விவரித்திருக் கின்ருர்:

" 'டிரபகோலோ' கப்பல் வெள்ளோட்டம் விடப் பட இருந்தது. ஒரு சில ஆப்புகளே எஞ்சியிருந்தன. ஐந்தாறு மரத் தச்சர்கள் அந்த ஆப்புகளை விரைவாகக் கழற்றிக் கொண்டிருந்தனர். சோம்பேறிகள் கூட்டம் ஒன்று வேடிக்கை பார்த்துக் கொண்டிருந்தது.

"அச்சமயம், உல்லாசப் பாய்மரத் தோணி ஒன்று கடல் முனைக்கு அப்பாலிருந்து திடுமென வந்தது. அது துறை முகத்தில் போய்ச் சேருவதற்கு 'டிரபகோலோ வைக்' கடந்து செல்லவேண்டியிருந்ததால், வெள்ளோட்ட வேலைகள் தாற்காலிகமாக நிறுத்தி வைக்கப்பட்டன. இல்லையேல் இரண்டும் மோதிக் கொண்டு, உல்லாசத் தோணி உடனே மூழ்கிப் போயிருக்கும்.

"சூரிய ஒளியில் பொன்னிறமாகப் பிரகாசித்த, வெண்மையான பாய்களுடன்கூடிய அவ்வழகிய படகை நோக்கி எல்லாக் கண்களும் திரும்பின. அது குறுக்காக வந்து விட்டது; உடனே ஒரு பயங்கர ஒலி கிளர்ந்தெழுந்தது. 'டிரபகோலோ' அதிர்ந்து நடுங்கிற்று; சறுக்குகளின் மீது அது நகரத் தொடங்கிவிட்டது.

"திடீரென்று ஒரு மனிதன் பாய்ந்தோடிக் கப்பலின் பிணை கயிறுகளைப் பற்றி, கண்ணிமைப் பொழுதில் அக் கயிறுகளைத் தரையில் ஊன்றப்பட்டிருந்த இரும்பு முளை யிலே சுற்றி இழுத்தான். கூழாக நசுக்கப்படும் அபாயத் தைப் பொருட்படுத்தாமலே அவன் மனித சக்திக்கு மிஞ்சிய வலுவுடன் கப்பல் கயிறுகளை இழுத்துப் பிடித்துக் கொண்டு நின்றான். சுமார் பத்து விநாடிகள் வரை இவ் வாறு அவன் இழுத்துப் பிடித்திருப்பான். அதற்குள் கயிறுகள் அறுந்துவிட்டன. ஆயினும், அக்குறுகிய நேர மே போதுமானதாயிருந்தது; 'டிரபகோலோ' கப்பல் பாய்மரத் தோணியுடன் மோதாமல் மயிரிழை தள்ளி நீரில் பாய்ந்தது.

"இந்த வீரன் வேறு யாருமில்லை, நமது பழைய நண் பன் மாட்டிபூதான்."

மாட்டிபூ சாதித்ததைச் செய்வதற்கு, "புலியின் வலு வுடன்" கூடிய ராட்சதனாக ஒருவன் இருக்க வேண்டியதே யில்லை என்பது ஜூல் வேர்னுக்குத் தெரிந்திருந்தால், அவர் பெரிதும் வியப்புற்றிருப்பார். சாமர்த்தியசாலியான எவ னும் இந்தக் காரியத்தைச் செய்திருக்க முடியும்.

உருளை வடிவப் பீப்பாய் ஒன்றின் மீது சுற்றப்பட்டிருக் கும் கயிறு நழுவுகையில் அது நிரம்ப உராய்வை உண்டாக்கு கிறது என இயந்திரவியல் கூறுகிறது—கயிற்றுச் சுற்றுக்களின்

எண்ணிக்கையின் கூட்டல் விருத்திக்கு நேர்விகிதத்தில், கயிறு ஏற்படுத்தும் உராய்வு பெருக்கல் விருத்தி அடைகின்றது. எனவே, ஒரு கம்பத்தைச் சுற்றி மூன்று அல்லது நான்கு தடவைகள் சுற்றப்பட்டுள்ள கயிற்றின் துணைகொண்டு, பெரும் பளு ஒன்றைச் சிறு குழந்தைகூடத் தாங்க முடியும் என்று இதிலிருந்து தெளிவாகிறது. ஆற்றோரங்களில் உள்ள கப்பல் துறைகளில் நூற்றுக் கணக்கான பயணிகள் இருக்கும் கப்பல்களை நிலைக்குக் கொணருவதற்குச் சிறு பையன்கள்கூட இம்முறையைப் பயன்படுத்துகிறார்கள். இங்கு பயன்படுவது உராய்வே அன்றி மனித சக்திக்கு மிஞ்சிய பலம் அல்ல.

18ஆவது நூற்றாண்டைச் சேர்ந்த புகழ்வாய்ந்த கணிதவியல் அறிஞர் ஆயிலர் என்பவர், சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து உராய்வு அதிகரிக்கும் விகிதத்தைக் கணக்கிட்டுள்ளார். இயற் கணிதத்தின் சுருக்கு மொழியைக் கண்டு அஞ்சாதவர்களுக்கு இதோ ஆயிலரின் அறிவூட்டும் சூத்திரம்: $F = fe^{k\alpha}$; இதில், F எனப்படும் விசையை எதிர்த்து நாம் செலுத்தும் முயற்சி அல்லது தாக்கு விசை f; e இயற்கை லாகரிதங்களின் அடி எண் — அதன் மதிப்பு 2.718...; k என்பது முளையின் மீது கயிற்றுக்குள்ள உராய்வுக் கெழு: α என்பது ''சுற்றுக்களின் கோணம்'' அல்லது கயிறு வரையும் வில்லின் நீளத்திற்கும் அதன் ஆரத்திற்குமுள்ள விகிதம்.

ஜூல் வேர்ன் குறிப்பிடும் சம்பவத்திற்கு இச்சூத்திரத்தைப் பிரயோகிப்போமாயின் விளைவு திகைப்பூட்டுவதாய் இருக்கும். மேற்படி பிரச்சினையில் F என்பது, சறுக்கில் கப்பல் சறுக்கி வரும்போது அதன் இழுப்பைக் குறிக்கின்றது. கப்பலின் எடை 50 டன்கள் என்பதை நாவலிலிருந்து நாம் அறிகிறோம். கப்பல் செல்லும் வழியின் சாய்வு பத்தில் ஒன்று (1:10) என்று வைத்துக் கொண்டால், கயிற்றை அழுத்தும் விசை கப்பலின் முழு எடையன்று, அதில் பத்தில் ஒரு பங்குதான்—அதாவது, 5 டன் அல்லது 5,000 கிலோகிராம் என்றாகிறது. இரும்பு முளையின்மீது கயிற்றுக்குள்ள உராய்வுக் கெழு k, 1/3 என்று வைத்துக் கொள்வோம். மாட்டிபூ கயிற்றை முளையின்மீது மூன்று தடவைதான் சுற்றினான் என்பது நமக்குத் தெரியும் ஆதலால், α என்பதைக் கணக்கிடுவது எளிது. அதாவது,

$$\alpha = \frac{3 \times 2\pi r}{r} = 6\pi.$$

ஆயிலர் சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்திஞல்,

$$5{,}000 = f \times 2.72^{6\pi \times 1/3} = f \times 2.72^{2\pi}$$

என்னும் சமன்பாடு கிடைக்கின்றது. இதிலிருந்து, நாம் செலுத்த வேண்டிய முயற்சி அல்லது தாக்கு விசை f ஐ லாகரிதங்களைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிட்டுவிட முடியும்.

$$\text{லாக்}\,5{,}000 = \text{லாக்}\,f + 2\pi\,\text{லாக்}\,2.72\,;$$

எனவே, $f = 9.3$ கிலோகிராம்.

ஆக, கப்பலை நிறுத்திப் பிடித்துக் கொள்ளுவதற்கு அந்த ராட்சதன் 10 கிலோகிராம் அளவேயுள்ள விசையுடன் கயிற்றை இழுத்தால் போதும்!

இந்த 10 கிலோகிராம் விசை தத்துவார்த்த வழியில் கிடைத்த விடையாகும், நடைமுறையில் இதைவிட மிக அதிக விசையைச் செலுத்த வேண்டியிருக்கும் என்பதாய் நினைக்க வேண்டாம். மாருக இந்த விசை உண்மையில் தேவைப்படுவதற்கும் கூடுதலானதே ஆகும். ஏனெனில் மரத்தாலான முளையில் சணல் கயிறு சுற்றப் பட்டிருக்கையில் உராய்வுக் கெழு k அதிகமாகி, நீங்கள் செலுத்த வேண்டிய முயற்சி மிகச் சொற்பமாகிவிடும். கயிறு மட்டும் அறுந்து விடாமல் இருக்க வேண்டும். அப்பொழுது சிறு குழந்தையும்கூட ஒரு முளையில் மூன்று அல்லது நான்கு முறை சுற்றப் பட்டுள்ள கயிற்றைக் கொண்டு ஜூல் வேர்னினது பலவானையும் மிஞ்சிவிட முடியும்.

முடிச்சுகள் அவிழ்ந்துவிடாமல் கெட்டியாய் இருப்பது ஏன்?

அன்ருட வாழ்வில் ஆயிலர் சூத்திரத்திஞல் நமக்குத் தெரியாமலேயே நாம் பெரிதும் பயனடைந்து வருகிறேம். பார்க்கப் போஞல், முடிச்சு என்பது, சிறியதோர் உருளையின்

மீதுசுற்றப்பட்ட கயிறேயன்றி வேறு என்ன? அதே கயிற்றின் மற்றொரு பகுதி இங்கு உருளையாய்ச் செயல்படுகிறது. மாலுமிகளோ, மற்றவர்களோ உபயோகிக்கும் முடிச்சுக்களின் வலு உராய்வை மட்டுமே பொறுத்ததாகும். இவ்வுராய்வின் அளவு—முளையின் மீது கயிறு சுற்றப்பட்டதைப் போன்றே—கயிற்றின் மீது அதே கயிறு சுற்றப்படுவதனால் பன்மடங்கு அதிகரிக்கின்றது. முடிச்சுடன்கூடிய கயிற்றில் இருக்கும் வளைவுகளைக் கவனித்து எனது கூற்றை நீங்கள் சரிபார்க்கலாம். வளைவுகள் அதிகமாவதற்கு ஏற்ப, கயிறு அதன் மீதே சுற்றப்படும் சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கையும் அதிகமாகிறது; எனவே, ''சுற்றுக்களின் கோணத்தின்'' அளவும் அதிகரிக்கின்றது; இதன் விளைவாக, முடிச்சு மேலும் இறுகிக் கெட்டியாகிவிடுகிறது.

தையற்காரன் பொத்தானைத் தைக்கும்போது தன்னை அறியாமலேயே இதே கோட்பாட்டைப் பயன்படுத்துகிறான். துணியில் தைத்த தையலில் பலமுறை நூலைச் சுற்றிய பின்னர், அதைத் துண்டித்து அறுத்துவிடுகிறான். நூல் கெட்டியாக இருக்கும்வரை பொத்தானும் பிடிப்பாக இருக்கிறது. மீண்டும் அதே விதிதான் செயல்படுகிறது. சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை கூட்டல் விருத்தி அடையும் போது, பொத்தான் பிடித்துக்கொள்ளும் வலு பெருக்கல் விருத்தி அடைகிறது. உராய்வு என்பது இல்லாவிடில், நமது உடைகளில் பொத்தான்களை நாம் பொருத்தி வைத்துக் கொள்ள முடியாது. அவற்றுக்குள்ள எடையினால் நூலின் சுற்றுக்கள் பிரிந்துபோய், அவை நழுவி விழுந்துவிடும்.

உராய்வு இல்லை என்றால்

பல்வேறு வழிகளில், சில சமயம் எதிர்பாராத வழிகளில் கூட உராய்வு செயல்படுவதைப் பார்த்திருப்பீர்கள். உராய்வு இருப்பதாய் நாம் நினைக்காத பல சந்தர்ப்பங்களிலும்கூட உராய்வுதான் முக்கியமான பங்கு எடுத்துக்கொள்ளுகிறது. உராய்வு திடீரென மறைந்துவிட நேரிட்டால், நமக்குப் பழக்கமான பலவும் ஒரே தாறுமாறாகப் போய்விடும்.

பிரெஞ்சு பௌதிகவியலாளர் கியோம் உராய்வு ஆற்றும் பங்கை மிகவும் சுவைபட விவரித்துள்ளார்:

''பனி உறைந்த நடைபாதைகளில் நீங்கள் நடக்க நேர்ந்திருக்கும். அப்போது, விழுந்து விடாமல் சமநிலையில் இருக்க நீங்கள் பட்ட கஷ்டத்தை மறந்திருக்க மாட்டீர்கள். நீங்கள் எவ்வளவு வேடிக்கையான திடீர் அசைவுகளையும் குலுக்கல்களையும் செய்ய வேண்டியிருந்தது! ஆகவே நாம் வாழும் நிலவுலகு, தனிப் பிரயத்தனம் இல்லாமலே தடுமாற்றமின்றி நாம் நடமாட உதவும் அரிய பண்பினைப் பெற்றிருப்பதை மறுக்க இயலாது. வழுக்கும் தரையில் சைக்கிளில் செல்லும்போதும் வழவழப்பான தார்ச் சாலையில் குதிரை சறுக்கி விழும்போதும் இது தெளிவாகிறது. இவற்றைக் கவனித்து ஆராய்வதனாலேயே உராய்வின் விளைவுகளை நாம் கண்டு கொள்கிறோம். இஞ்சினியர்கள் இயந்திரங்களில் உராய்வைத் தவிர்க்கவே தங்களால் இயன்ற அளவிற்கு முயலுகின்றனர்; இது சரிதான். பயன்முறை இயந்திரவியலில் உராய்வு சிறிதும் விரும்பத் தகாததாகக் கருதப்படுகிறது.... இதுவும் சரிதான். இப்பிரிவுகள் தவிர ஏனையவை அனைத்திலும் நாம் உராய்வுக்கு நன்றி செலுத்த வேண்டும். நாம் நடக்கவும், உட்காரவும், புத்தகங்களோ மைப்புட்டியோ நழுவித் தரையில் விழுந்துவிடுமோ, மேஜை வழுக்கிச் சென்று ஒரு மூலையில் மோதிக் கொண்டுவிடுமோ, நமது விரல்களிலிருந்து பேனா நழுவிவிடுமோ என்னும் பயமின்றி வேலை செய்யவும் உதவுவது உராய்வுதான்.

''உராய்வு மிகவும் சகஜமாய் நிகழ்கிறது. அபூர்வமான சில நிகழ்ச்சிகளில் தவிர, அது நமது முயற்சி இல்லாமலே தானாகவே செயல்படுகிறது.

''சமநிலையை ஏற்படுத்துவது உராய்வே ஆகும். மேஜைகளும் நாற்காலிகளும் இருந்த இடத்திலேயே இருக்கும் பொருட்டுத் தச்சர்கள் தரையைச் சமப்படுத்துகின்றனர். கொந்தளிக்கும் கடலில் ஊசலாடும் கப்பலில் இல்லாதவரை, மேஜையின்மீது நாம் வைக்கும் கண்ணாடிச் சாமான்கள், பீங்கான் சாமான்கள் எல்லாம், நாம் கவலை கொள்ளத் தேவையின்றி இருந்த இடத்திலேயே இருக்கின்றன.

''இப்போது, உராய்வு முழுவதும் நீங்கிவிடுவதாய் வைத்துக் கொள்வோம். எதுவுமே—பெரும் கல்லோ, மிகச் சிறிய மணற்பொடியோ—நிலையாக இராது. எல்லாம் ஒரே

மட்டத்தை அடையும் வரை வழுக்கி உருளும். உராய்வு இல்லாவிடில், பூமியானது, வழவழப்பான பந்து போன்றதாகி விடும், நீர்த் துளியின் வடிவமுடையதாகிவிடும்.''

மேலும், உராய்வு இல்லை எனில், ஆணிகளும் திருகாணிகளும் சுவர்களிலிருந்து நழுவிவிடும்; எந்தவொரு பொருளையும் நாம் பிடித்துக்கொள்ள முடியாது; சூறுவளிக் காற்று ஓயவே ஓயாது; எந்த ஒலியும் வலுக்குறையாத, முடிவற்ற ஓர் எதிரொலியாக—எடுத்துக்காட்டாக, அறையின் சுவர்களின் மீது மீண்டும் மீண்டும் பட்டுத் திரும்பும் எதிரொலியாக—தொடர்ந்து இருந்துகொண்டேயிருக்கும்.

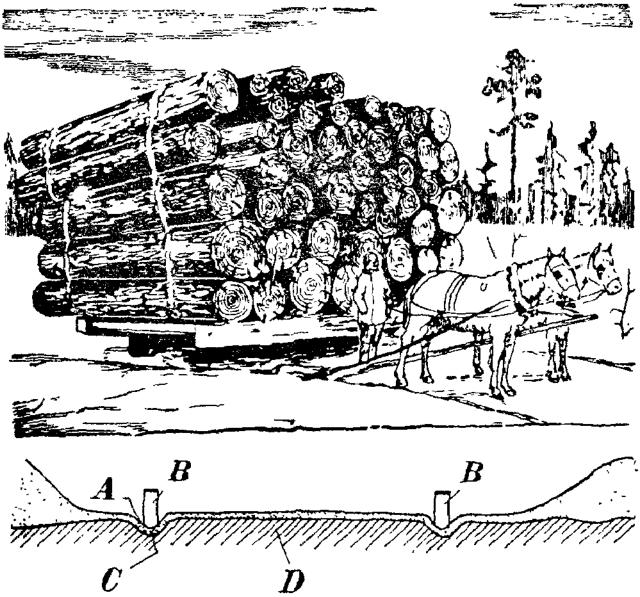
உராய்வு மிக முக்கியமானது என்பதைப் பனி உறைந்த பாதைகள் நமக்கு நன்கு காட்டுகின்றன. அத்தகைய வானிலையில் நாம் வெளியே செல்லும்போது, நாம் எதுவும் செய்ய முடியாத ஒரு நிலையில், கீழே விழுந்துவிடுவோமோ என்று எப்போதும் பயந்து கொண்டே இருக்கின்றோம். 1927 ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் மாதம் வெளியான செய்தித்தாள்களிலிருந்து இதோ சில துணுக்குகள்:

''லண்டன், 21. நகர் தெருக்கள் பனி உறைந்து வழவழப்பாய் இருப்பதால் லண்டனில் போக்குவரத்திற்கும் டிராம் வண்டிப் போக்குவரத்திற்கும் குறிப்பிடத்தக்க இடைஞ்சல்கள் ஏற்பட்டுள்ளன. சுமார் 1,400 பேர் எலும்பு முறிந்து ஆஸ்பத்திரிகளில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளனர்.''

''ஹைட் பார்க்கிற்கு அருகே இரண்டு டிராம் வண்டிகளுடன் மோதிய போது பெட்ரோலில் தீப் பிடித்து மூன்று மோட்டார் கார்கள் நாசமாயின.''

''பாரிஸ், 21. பாரிஸில் நகரத்திலும் அதன் சுற்று வட்டாரங்களிலும் தெருக்கள் பனி உறைந்து வழுக்குவதால் பல விபத்துகள் நிகழ்ந்திருக்கின்றன.''

ஆயினும், பனிக்கட்டிகளின் மீது புறக்கணித்து விடக் கூடிய அளவிற்கும் குறைவாயிருக்கும் உராய்வுகூடச் செயல் முறையில் நன்கு பயன்படுகிறது. சாதாரண வழுக்கு வண்டி இதற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு. அதைவிடச் சிறந்ததான பிறிதோர் எடுத்துக்காட்டு, வெட்டப்பட்ட மரக் கட்டைகளை ரயில் நிலையத்திற்கோ, படகுத்துறைக்கோ இழுத்துச் செல்லப் பயன்படும் பனிக்கட்டிப் பாதைகள் ஆகும். அத்தகைய



படம் 20. மேலே: பனிக்கட்டிப் பாதையில் சறுக்கு வண்டி; கீழே: பனிக்கட்டிப் பாதை; A—பாதை; B—வண்டியின் அடிக்கட்டைகள்; C—இறுக்கப்படும் பனி; D—தரை.

பாதை ஒன்றில் (படம் 20) வழுக்கும் பனிக்கட்டித் ''தண்டவாளங்களின்'' மீது இரு குதிரைகள் 70 டன் சுமையைக் கொண்ட சறுக்கு வண்டியை இழுக்க முடியும்.

''செல்யூஸ்கின்'' கப்பல் நொறுங்க நேர்ந்ததன் பௌதிகவியல் காரணங்கள்

ஆயினும் பனிக்கட்டியின் மீது உண்டாகும் உராய்வு புறக்கணித்துவிடும்படி எப்பொழுதும் சொற்பமாகவே இருக்கும் என்பதாய் நீங்கள் முடிவு கட்டிவிடக் கூடாது. பூஜ்ய வெப்பநிலையில்கூடப் பனிக்கட்டியின் மீது அதிக அளவில் உராய்வு ஏற்படலாம். பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல்களின் உடற்பகுதியின் உருக்குத் தகட்டின்மீது ஆர்க்டிக் மாகடலின்

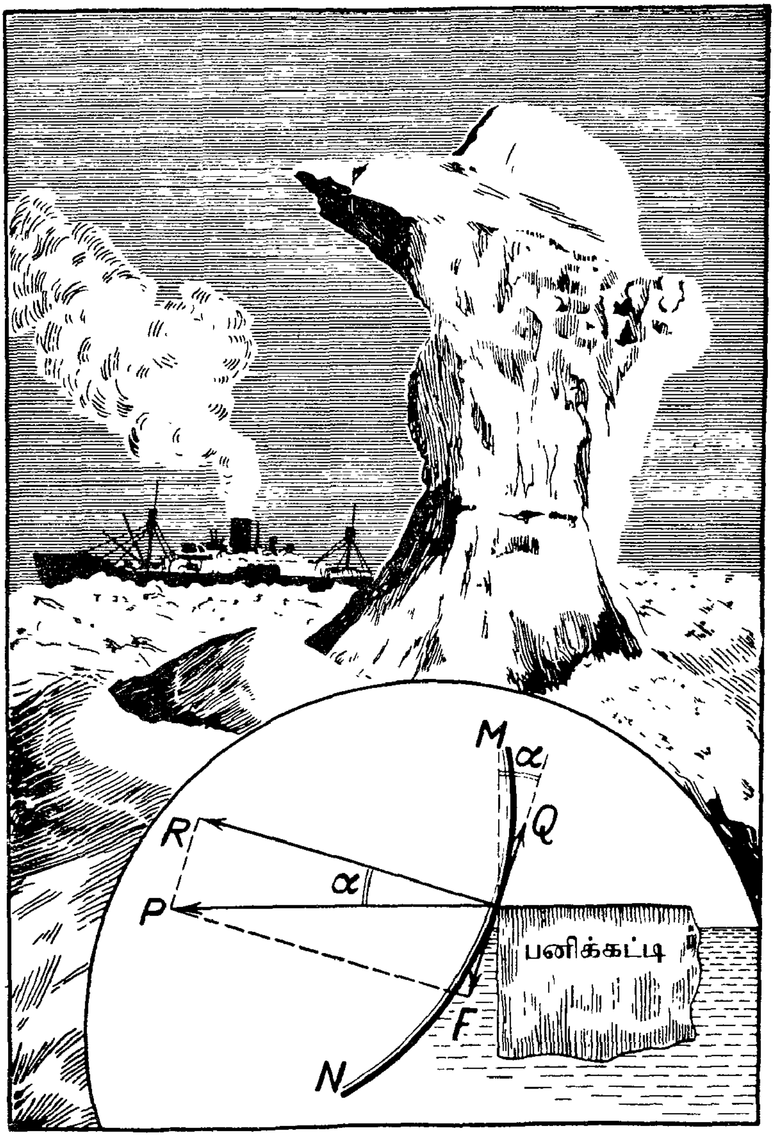
பனிக்கட்டி உண்டாக்கும் உராய்வு நன்கு ஆராய்ந்தறியப் பட்டிருக்கிறது. உராய்வுக் கெழுவின் மதிப்பு எதிர்பாராத அளவிற்கு அதிகமானதாக — இரும்பின் மீது இரும்பு உண்டாக்கும் உராய்வின் அளவுக்கு ஒப்பான 0.2 ஆக—இருந்தது தெரிய வந்தது. பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல்களைப் பொறுத்தவரை, இந்தக் கெழுவின் மதிப்பு எவ்வளவு முக்கியமானது என்பதை உணருவதற்குப் படம் 21ஐ நாம் ஆராய்வோம்.

இதில், கப்பலின் MN என்னும் உடற்பகுதியின் மீது பனிக்கட்டி அழுத்தும்போது அதன் மீது செயல்படும் விசைகளின் திசை காட்டப்பட்டுள்ளது. பனிக்கட்டி செலுத்தும் அழுத்தமாகிய P என்னும் விசை கப்பலின் உடற்பகுதிற்கு நேர்க்குத்தாக உள்ள R என்றும், கப்பலின் உடற்பகுதிக்குத் தொடுகோட்டுத் திசையில் இருக்கும் F என்னும் இரு விசைகளாகப் பகுக்கப்படுகிறது. Pக்கும் Rக்கும் இடையேயுள்ள கோணம், நேர்க்குத்துத் தளத்திலிருந்து கப்பலின் உடற்பகுதியினது பக்கத்தின் சாய்வுக் கோணமான αக்குச் சமம். Q என்னும் விசை கப்பலின் உடற்பகுதியின் தகட்டின் மீது பனிக்கட்டிக்குள்ள உராய்வு, உராய்வுக் கெழுவான 0.2, R ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகைக்குச் சமம்: அதாவது, $Q = 0.2R$. Fஐவிட Q குறைவானதாயிருந்தால், அழுத்தும் பனிக்கட்டியை F நீருக்கடியினுள் இழுக்கின்றது; அதன் விளைவாக, பனிக்கட்டி கப்பலின் உடற்பகுதியின் தகட்டை ஒட்டினாற்போல், அதற்குத் தீங்கு எதுவும் விளைவிக்காமல் சறுக்கிக் கொண்டு போகின்றது. ஆனால், Fஐவிட Q அதிக அளவுள்ளதாயிருந்தால், கப்பலின் உடற்பகுதியின் தகட்டை ஒட்டினாற்போல் பனிக்கட்டி சறுக்கிச் செல்வதை உராய்வு தடுக்கின்றது; சற்று நேரத்திற்குப் பின் கப்பலின் உடற்பகுதியின் தகட்டை அது நசுக்கி, நொறுக்கிவிடவும் கூடும்.

Q எப்போது Fஐவிட அதிக அளவுள்ளதாயிருக்கிறது? Rடான் αக்கு* F சமம் என்பது தெளிவு; எனவே, $Q < R$

---

* டான் என்பது டாஞ்செண்ட் என்பதன் சுருக்கமாகும். டாஞ்செண்ட் என்பது சங்கோண முக்கோணத்தில் செங்குத்து வரைக்கும் கிடை வரைக்கும் இடையே உள்ள விகிதம். —மொழிபெயர்ப்பாளர்.



படம் 21. பனிக்கட்டியில் அகப்பட்டுக் கொண்ட ''செல்யூஸ்கின்''. கீழே: பனிக்கட்டி கப்பலை அழுத்தும்போது செயல்படும் விசைகள்.

டான் α என்னும் சமனிலி** ஏற்படுகின்றது; ஆனால், Q=0.2R என்பதால், Q<F என்னும் சமனிலியிலிருந்து பிறிதொரு சமனிலி கிடைக்கின்றது; அதாவது:

0.2R < R × டான் α அல்லது, டான் α > 0.2.

டான் மதிப்பு **0.2** ஆக இருக்கும் கோணத்தின் அளவை இப்போது கண்டுபிடிப்போம்; அக்கோணம் 11° எனத் தெரிகிறது. ஆகவே, 11°ஐ விட α அதிகமாயிருந்தால், Fஐ விட Q குறைவாயிருக்கும். இதிலிருந்து, பனிக்கட்டியினூடே கப்பல் பத்திரமாகப் போக வேண்டுமானால், நேர்க்குத்துத் தளத்திற்குக் கப்பலின் உடற்பகுதியின் வெளித் தகடு எந்த அளவிற்குச் சாய்ந்திருக்க வேண்டும் என்பது தெரிகின்றது. அது 11°க்குக் குறைவாயிருக்கக் கூடாது.

''செல்யூஸ்கின்'' விபத்தைப் பற்றி இப்போது மீண்டும் கவனிக்கலாம். இக்கப்பல் — இது பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல் அன்று—வடக்கு மாகடல் மார்க்கம் முழுவதும் வெற்றிகரமாய்ச் சென்றது; ஆனால், பேரிங் சலசந்தியில் பனிக்கட்டியினால் நெருக்குண்டுவிட்டது. நகரும் பனிக்கட்டி ''செல்யூஸ்கினை'' வடக்கு நோக்கி இழுத்துச் சென்று, முடிவில் அதை நொறுக்கி விட்டது. ''செல்யூஸ்கினின்'' இரண்டு மாதத் துணிகரக் கடற் பயணமும் அதன் மாலுமிகளை

** a=b என்பது ஒரு சமன்பாடு; இதில் = என்னும் குறி சமத்துவத்தைக் குறிக்கின்றது. ஆனால், a, bக்குச் சமமில்லை, அல்லது, a, bஐ விடப் பெரியதில்லை அல்லது சிறியதில்லை என்பது சமனிலி. a, bஐ விடப் பெரியதாக இருந்தால், a>b என்று எழுதப்படுகிறது. இதில் > என்னும் குறி 'பெரியதான' என்பதைக் குறிக்கின்றது. a, bஐ விடச் சிறியதாக இருந்தால், a<b என்று எழுதப்படுகிறது; இதில் < என்னும் குறி 'சிறியதான' என்பதைக் குறிக்கின்றது. a, bஐ விடப் பெரியதில்லை என்றால், a, bக்குச் சமமாயிருக்க வேண்டும் அல்லது bஐ விடச் சிறியதாயிருக்க வேண்டும்; இது $a \leqslant b$ என்று எழுதப்படுகிறது; இதில், $\leqslant$ என்னும் குறி 'சமமான அல்லது சிறியதான' என்பதைக் குறிக்கின்றது. அங்ஙனமே, a, bஐ விடச் சிறியதில்லை என்றால், a, bக்குச் சமமாயிருக்க வேண்டும் அல்லது bஐவிடப் பெரியதாயிருக்க வேண்டும்; இது $a \geqslant b$ என்று எழுதப்படுகிறது; இதில், $\geqslant$ என்னும் குறி 'சமமான அல்லது பெரியதான' என்பதைக் குறிக்கின்றது.—**மொழிபெயர்ப்பாளர்.**

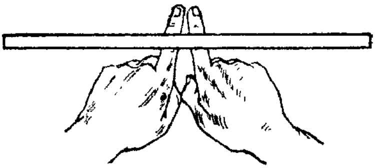
சோவியத் விமானிகள் மீட்டுக் காப்பாற்றியதும் இன்னமும் பலருக்கு நினைவிருக்கலாம். [சோவியத் யூனியன் வீரர் பட்டத்தை முதன்முதல் பெற்றவர்கள் இந்த விமானிகள்.—பதிப்பாசிரியர்.]

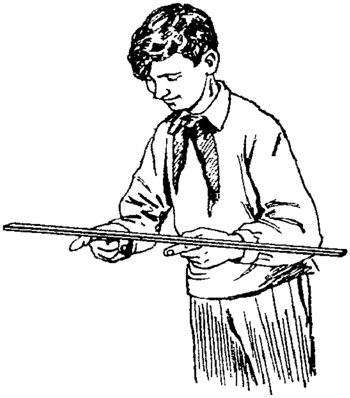
விபத்தைப்பற்றிய விளக்கம் வருமாறு. துணிகரப் பயணக் குழுவின் தலைவரான ஓட்டோ ஷ்மிட் வானொலியின் வாயிலாகப் பின்வருமாறு அறிவித்தார்: ''உறுதி மிகுந்த கப்பல் உடற்பகுதியின் தகடுகள் உடனேயே விட்டுக் கொடுத்து விடவில்லை. கப்பலின் உடற்பகுதியினுள் பனிக்கட்டி அழுத்திக் கொண்டிருந்ததையும், அதனால் தகடுகள் பிதுக்கிக் கொண்டிருந்ததையும் நாங்கள் காண முடிந்தது. பனிக்கட்டி மேலும் மேலும் பலமாய்த் தொடர்ந்து அழுத்திற்று. உருக்குத் தகடுகள், அவை இணைக்கப்பட்டிருந்த இடங்களில் விரிந்து போயின; இணைப்பு ஆணிகள் எல்லாம் பிடுங்கிக் கொண்டு வெளியே பறந்து வந்தன. கணப் பொழுதில் கப்பலின் இடது பக்கம் முன்பகுதியிலிருந்து பின்பகுதி வரைக்கும் பிய்ந்து போயிற்று.''

விபத்தை விளைவித்தது எது என்பதை இதுகாறும் நீங்கள் உணர்ந்திருக்க வேண்டும். இதிலிருந்து, பனிக்கட்டி மிகுந்த கடல்களில் செல்வதற்கான கப்பல்களின் பக்கங்கள் நேர்க்குத்திற்குக் குறைந்த பட்சம் 11° சாய்ந்திருக்க வேண்டும் என்பது தெளிவாகிறது.

தானுகவே சமநிலைப்படுத்திக் கொள்ளும் தடி

படம் 22இல் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல், உங்கள் ஆள்காட்டி விரல்களின் மீது மழமழப்பான தடி ஒன்றைக் கீழே விழாதபடி சமநிலைப்படுத்தி நிறுத்தவும். இப்போது, உங்கள் விரல்களை ஒன்றோடொன்று சேரும்படியாக மெல்ல ஒன்றை நோக்கி ஒன்றை நகர்த்திக் கொண்டு வரவும், அப்போதும் தடி கீழே விழுந்துவிடாமல் சமநிலையில் இருக்கிறது. உங்கள் விரல்களை வேறு வேறு இடங்களில் மாற்றி வைத்தும், இதே வேடிக்கையை மீண்டும் மீண்டும் நீங்கள் செய்ய முடியும்; கோடுபோடும் கழி, கைத்தடி, துடைப்பம், பிலியர்டு கோல் எதை உபயோகித்தாலும் விளைவு ஒரே மாதிரி



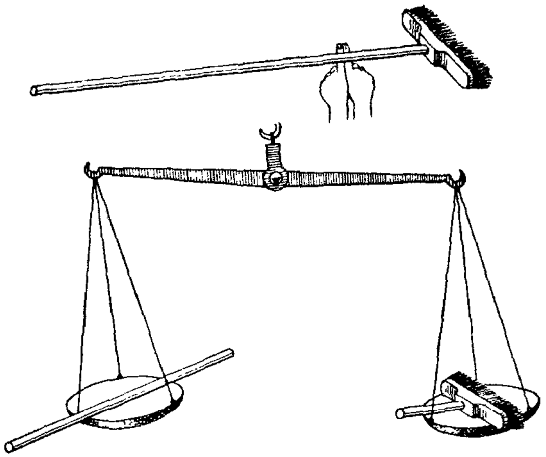


படம் 22. கோடுபோடும் கழியினைக் கொண்டு செய்யப்படும்பரிசோதனை.

யாகவே இருக்கும். தடி விழாது சமநிலையிலேயே இருக்கும்.

ஏன்?

விரல்கள் ஒன்றுயச் சேரும் போது தடி கீழே விழுந்து விடாமல் சமநிலையில் இருப்பதால், விரல்கள் தடியினது ஈர்ப்பு மையத்திற்கு நேர் கீழே இருக்க வேண்டும் என்பதை முதலில் நீங்கள் தெரிந்துகொள்ள வேண்டும். (ஒரு பொருளின் ஈர்ப்பு மையத்தினூடாக வரும் நேர்க்குத்துக் கோடு இப் பொருளைத் தாங்கும் அடிப் பரப்பிற்குள்ளாக விழுமானல் அது சமநிலையில் இருக்கின்றது.) விரல்கள் பிரிந்திருக்கும் நிலையில், தடியின் ஈர்ப்பு மையத்திற்கு அருகிலுள்ள விரல் மீது அதிகப்படியான அழுத்தம் செயல்படுகிறது. அழுத்தம் அதிகமாகும் போது உராய்வும் அதிகமாகிறது. எனவே, ஈர்ப்பு மையத்திற்கு அருகிலுள்ள விரல்மீது, அதற்கு எட்ட இருக்கும் விரல்மீது ஏற்படுவதைவிட அதிகமான உராய்வு உண்டாகிறது. ஆகவேதான், ஈர்ப்பு மையத்திற்கு அருகேயுள்ள விரல் சறுக்கி நகருவதில்லை. ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து எட்ட இருக்கும் விரல்தான் சறுக்கி நகருகிறது. ஈர்ப்பு மையத்தை ஒரு விரல் நெருங்கியவுடன், மற்றொரு விரல் சறுக்கி நகரத் துவங்குகிறது. இது மாறி மாறி நிகழ்ந்து, முடிவில் இரு விரல்களும் ஒன்றுசேருகின்றன. விரல்களுள் ஒன்று மட்டுமே—அதுவும் ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து எட்ட இருக்கும் விரல் மட்டுமே—ஒவ்வொரு சமயமும் நகர்வதால், இறுதியில், அவை சரியாக ஈர்ப்பு மையத்திற்குக் கீழாக ஒன்று சேருவதில் வியப்பில்லை.



படம் 23. அதே பரிசோதனை துடைப்பத்தைக் கொண்டு செய்யப் படுகிறது. தராசுத் தட்டுகள் ஏன் சம நிலையில் இல்லை?

மேற்குறிப்பிட்ட பரிசோதனையை ஒரு துடைப்பத்தைக் கொண்டு மீண்டும் செய்யவும் (படம் 23, மேலே). இரு விரல்களும் ஒன்றுசேர்ந்து துடைப்பம் சமநிலையில் இருக்கும் இடத்தில், துடைப்பத்தை இரு துண்டுகளாக வெட்டி, ஒவ்வொரு துண்டையும் தராசின் ஒவ்வொரு தட்டிலும் வைத்தால் என்ன ஆகும் (படம் 23, கீழே)? எது அதிக கனமுள்ளதாயிருக்கும் — தடியுள்ள பகுதியா, துடைப்பக் குச்சுடன் இருக்கும் பகுதியா? முன்பு உங்கள் விரல்கள் மீது இரு பகுதிகளும் சமநிலையில் இருந்தமையால் தராசுத் தட்டுக்களிலும் அவை சமநிலையில் இருக்க வேண்டும் என்று நீங்கள் நினைக்கலாம். ஆனால் உண்மையில் துடைப்பக் குச்சுடன் இருக்கும் தட்டுதான் அதிகக் கனமாக இருக்கிறது. இதற்கு விடை எளிதே. உங்கள் விரல்களின் மீது துடைப்பத்தைச் சமநிலையில் நிறுத்திய போது இரு பகுதிகளினாலும் செலுத்தப்படும் விசைகள் ஒரு நெம்புகோலில் மாறுபட்ட நீளங்களையுடைய புயங்களின் மீது செயல்படுகின்றன. ஆனால், தராசிலோ

அதே விசைகள் சமநீளப் புயங்களுள்ள நெம்புகோலின் இரு நுனிகளின்மீது செயல்படுகின்றன.

லெனின்கிராத் நகரின் உல்லாசப் பூங்காவில் ''பொழுது போக்கு விஞ்ஞானம்'' என்னும் காட்சிக் கூடத்திற்காக, வெவ்வேறு இடங்களில் ஈர்ப்பு மையங்களுள்ள தடிகளைத் தருவித்தேன். இத்தடிகள் சமமில்லாத இரு பகுதிகளாகத் திட்டமாக ஈர்ப்பு மையத்தில் பிரித்துவிடக் கூடியவை. இத் துண்டுகளைத் தராசுத் தட்டுகளில் வைத்தபோது, குட்டையான பகுதி நீளமான பகுதியைவிடக் கனமாக இருப்பதைக் கண்டு வேடிக்கை பார்க்க வந்தவர்கள் வியப்புற்றனர்.

அத்தியாயம் மூன்று

சுழற்சி

சுழலும் பம்பரம் விழாமல் நிற்பது ஏன்?

பிள்ளைப் பருவத்தில் பம்பரம் விட்டு விளையாடிய ஆயிரக் கணக்கானோரில் ஒரு சிலருக்கே இந்தக் கேள்விக்குரிய சரி யான விடை தெரிந்திருக்கும் என்று நினைக்கிறேன். சுழலும் பம்பரம் நேரே நின்றாலும் சரி, சாய்ந்திருந்தாலும் சரி, நாம் நினைப்பது போல கவிழ்ந்து விழாமல் இருக்கிறதே, எப் படி அது? நிலைப்பற்றதாய்த் தோன்றும் அந்நிலையில் விழாமல் அதைச் சுழலச் செய்வது எது? ஈர்ப்பு அதைப் பாதிப்ப தில்லையா, என்ன?

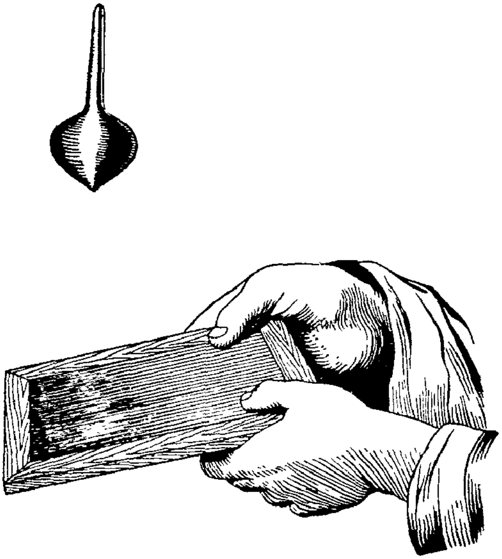
விசைகளிடையிலான விநோத செயற்பாட்டின் விளைவை இங்கே காண்கிறோம். சுழலும் பம்பரம் குறித்த தத்துவம் எளியதன்று. ஆகவே அதை இங்கு விளக்கிக்கூற முற்படாமல், பிரதான காரணத்தை மட்டும் எடுத்துரைக்கிறேன்.

படம் 24ல் காணப்படும் சுழலும் பம்பரம் இரு அம்புக் குறிகளால் குறிக்கப்பட்டிருக்கும் திசையில் சுற்றுகிறது. பகுதி Aஐயும் அதற்கு எதிரான பகுதி Bஐயும் கவனியுங்கள். பகுதி A உங்களை விட்டு விலகிச் செல்ல, பகுதி B உங்களை நோக்கி வருகின் றது. பம்பரத்தை உங்கள் பக்கமாய்ச் சாய்க்கையில் Aயும் Bயும் எப்படி நகருகின்றன என்பதைக் கவனியுங் கள். A மேல் நோக்கியும். B கீழ் நோக்கியும் நகருகின்றன; இரு பகுதி களும் தங்கள் இயக்கத்திற்குச் செங்

படம் 24. சுழலும் பம்பரம் ஏன் விழு வதில்லை?

கோணத்தில் இயங்குவதற்கான தூண்டுதலைப் பெறுகின்றன, ஆனால் விரைவாகச் சுழலும்போது பகுதிகளின் பரிதிவேகம் மிகவும் அதிகமாயிருப்பதால், குறிப்பிட்ட ஓரிடத்தில் நீங்கள் அதற்குக் கொடுக்கும் மிகச் சிறிய வேகம், அதே இடத்திலுள்ள பரிதிவேகத்துடன் கூடி, ஏறக்குறைய அதே மதிப்புள்ள தொகுவேகத்தையே உண்டாக்குகிறது; ஆகவே பம்பரத்தின் இயக்கத்திலும் குறிப்பிடத்தக்க மாறுதல் எதுவும் ஏற்படுவதில்லை. பம்பரம், தன்னை வீழ்த்த முயலும் சக்திகளை ஏன் எதிர்ப்பது போலத் தோன்றுகிறது என்பதை இப்போது நீங்கள் புரிந்து கொள்ளுவீர்கள். பம்பரத்தின் பொருண்மையும் அதன் சுழற்சி வேகமும் எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு அதிகமாய் இருக்கின்றனவோ, கீழே வீழ்த்துவதற்கான முயற்சிகளை அது அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு அதிக வலுவுடன் எதிர்க்கிறது.

இதற்கான விளக்கம் சடத்துவ விதிகளுடன் நேரடியாகச் சம்பந்தப்பட்டுள்ளது. பம்பரத்தின் ஒவ்வொரு பகுதியும்



படம் 25. சுழலும் பம்பரத்தை மேல் நோக்கித் தட்டினாலும், அதன் அச்சு ஆரம்பத்தில் இருந்த அதே திசையில்தான் இருக்கிறது.

சுழற்சி அச்சுக்கு நேர்க்குத்தான தளத்தில் வட்டச் சுழற் பாதையில் நகருகிறது. சடத்துவ விதிகளுக்கிணங்க, இந்தப் பகுதி ஒவ்வொரு கணமும் வட்டச் சுழற்பாதையிலிருந்து தொடுகோடு குறிப்பிடும் நேர்த்திசையில் பிரிந்து செல்ல முற்படுகிறது. ஆயினும், ஒவ்வொரு தொடுகோட்டுப் பாதையும் பரிதியின் தளத்திலேயே அமைந்திருப்பதால், ஒவ்வொரு பகுதியும் சுழற்சி அச்சுக்கு நேர்க்குத்தான தளத்திற்குள்ளாகவே தனது இயக்கத்தை அடக்கிக்கொள்ள முயலுகிறது. இதிலிருந்து, சுழற்சி அச்சுக்கு நேர்க்குத்தாயுள்ள பம்பரத்தின் எல்லாத் தளங்களும் தத்தம் பழைய நிலையிலேயே இருக்க முயலுகின்றன என்றும், எனவே அவை அனைத்திற்கும் பொதுவான செங்குத்துக் கோடு—அதாவது, சுழற்சி அச்சு—தனது பழைய திசையிலேயே தன்னை இருத்திக் கொள்ள முயலுகிறது என்றும் தெரிகிறது.

வெளிப்புற விசை எதுவும் பம்பரத்தின்மீது செயல்படும் போது அது உண்டாக்கும் இயக்கங்கள் அனைத்தையும் நான் ஆராயப் போவதில்லை; ஏனெனில் அதற்கு மிகவும் விரிவான, ஆகவே அலுப்புத் தட்டக் கூடிய விளக்கம் தர வேண்டியிருக்கும். சுழலும் பொருள் ஒவ்வொன்றும், சுழற்சி அச்சின் திசை மாறுவதை ஏன் தடுக்க முற்படுகிறது என்பதை மட்டும் சொல்ல விரும்புகிறேன்.

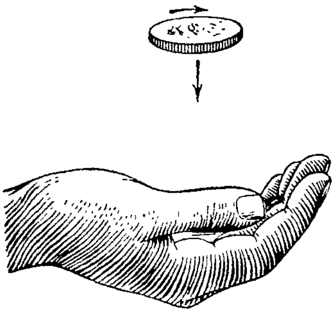
இவ்வியல்பு நவீனப் பொறியியலில் விரிவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மாலுமிகளும் விமானிகளும், ''ஜைராஸ்கோப்'' கோட்பாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ள திசைகாட்டி, தானியங்கிச் சுக்கான், ''ஜைராஸ்கோப்'' போன்ற சிறு சுழலாழிக் கருவிகளை உபயோகிக்கின்றனர். சுழற்சி, பீரங்கிக் குண்டுகளுக்கும் துப்பாக்கி ரவைகளுக்கும் சமநிலை தருகிறது. சாதாரண விளையாட்டுக் கருவியாய்க் கருதப்படும் ஒன்றிலிருந்து அடையக் கூடிய சாதகங்கள் ஆகும் இவை.

செப்படி வித்தை

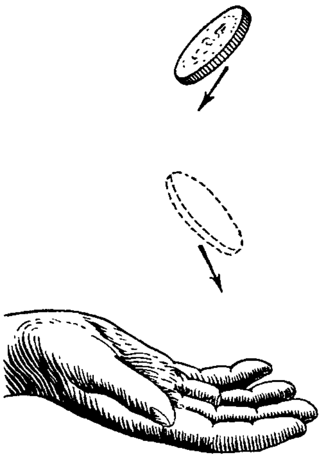
செப்படி வித்தைக்காரர்கள் செய்யும் வெவ்வேறு வகையான வியப்பூட்டும் வேடிக்கைகள் பலவும், சுழலும் பொருள்கள் தங்கள் சுழற்சி அச்சின் திசையை நிலைத்திருத்திக்

கொள்ளும் இயல்பை அடிப்படையாகக் கொண்டவையே. பிரிட்டிஷ் பௌதிகவியலாளர் ஜான் பெர்ரி எழுதியுள்ள சுழலும் பம்பரங்கள் என்னும் சுவையான புத்தகத்திலிருந்து சில வரிகளைத் தருகின்றேன்:

''லண்டன் மாநகரின் சிறப்புமிக்க நிறுவனமாகிய 'விக்டோரியா' இசைக் கூடத்தில், காப்பி குடித்துக் கொண்டும் புகைபிடித்துக் கொண்டும் அமர்ந்திருந்தோருக்கு நான் சுழலும் பம்பரங்கள் பற்றிய பரிசோதனைகள் சிலவற்றைச் செய்து காண்பித்தேன்.... ஒரு வளையம் எந்த இடத்தில் கீழே வந்து விழும் என்னும் உறுதியுடன் அதை எறிய விரும்பினால் அதைச் சுழல விட்டு எறிய வேண்டும். ஒருவர் எறியும் வளையத்



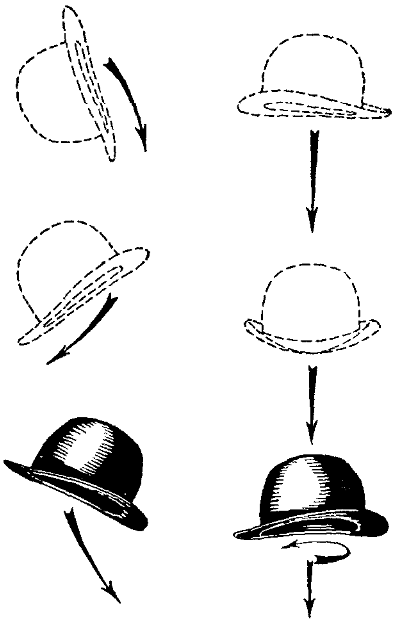
படம் 26. சுழற்றி எறியப் படும் நாணயம் இயங்கும் முறை.



படம் 27. சுழற்சியின்றி எறியப்படும்போது அதே நாணயம் இயங்கும் முறை.

தையோ, தொப்பியையோ மற்றொருவர் ஒரு குச்சியின் மீது பிடிக்க வேண்டும் என்றால், வளையம் அல்லது தொப்பியைச் சுழல விட்டு எறிய வேண்டும். சுழலும் பொருள் தனது அச்சின் திசையை மாற விடாமல் தடுக்க முனைகிறது, இதனை நாம் உறுதியாய் நம்பிச் செயல்படலாம். இந்த உண்மையை நன்கு மனத்தில் பதியும்படி அவர்களுக்கு எடுத்துச் சொன்

னேன். இலக்கை நாம் குறி தவருமல் சுடுவதற்கு, மழமழப் பான குழாயுள்ள துப்பாக்கிகளை நம்ப முடியாதிருப்பது இத ஞல்தான். சாதாரண குண்டு ஏற்கும் சுழற்சி, அது துப்பாக் கியை விட்டுக் கிளம்பும்போது, வெளி வாயை அது எங்ஙனம் தொட நேரிடுகிறது என்பதையே பெரிதும் பொறுத்திருக் கிறது; எனவே, துப் பாக்கிக் குழாய்கள் இப் போது சுரி குழல் உள்ளன வாக, அதாவது குழாயின் உட்புறத்தில் நீள் சுருள் வடிவத் தவாளிப்பு உடையனவாகச் செய்யப் படுகின்றன; குண்டின் அல்லது எறிகலத்தின் துருத்திக்கொண்டிருக்கும் பகுதிகள் இத்தவாளிப்பு களில் பொருந்தி நிற் பதால், குண்டு அல்லது எறிகலம் வெடிமருந்தின் வெடிப்புச் சக்தியினுல் துப்பாக்கிக் குழாயினூ டாக வெளிப்படுத்தப் படும்போது, அதுவும் தன் அச்சை மையமாய்க் கொண்டு சுழல வேண் டும். ஆகவே, துப்பாக்கி யை விட்டுப் புறப்படும் போது தெளிவான ஒரு சுழற்சி இயக்கத்துடன் அது கிளம்புகிறது என்று எடுத்துரைத்தேன்.... நான் செய்ய முடிந்தது எல்லாம் இவ் வளவுதான். தொப்பிகளையோ, வளையங்களையோ எறிவதில் எனக்குத் தேர்ச்சி இல்லை. ஆனுல், எனது சொற்பொழிவு முடிந்தவுடன் ஆணும் பெண்ணுமாக இரு செப்படிவித்தைக் காரர்கள் மேடையின்மீது ஏறினர். இவர்கள் செய்து காண் பித்த ஒவ்வொரு வித்தையும் மேற்குறிப்பிட்ட கோட்பாட்டை



படம் 28. எறிவதற்கு முன்னர் சுழற்றி விட்டால், தவருமல் தொப்பியைப் பிடிப்பது எளிதாகி விடுகிறது.

விளக்கும் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாய் விளங்கிற்று. வித்தைக்காரர்கள் தொப்பிகளையும் வளையங்களையும், தட்டுக்களையும் குடைகளையும் ஒருவரிடமிருந்து மற்றவருக்குச் சுழற்றி வீசி எறிந்தனர். அவர்களில் ஒருவர் கத்திகளை வரிசையாய் உயர விட்டெறிந்து சிறிதும் பிழையின்றி அவற்றைப் பிடித்து மீண்டும் உயர விட்டெறிந்து வித்தை செய்து காட்டினார். எனது விளக்கவுரையைக் கேட்டு ஏற்கனவே விவரம் அறிந்திருந்த கூட்டத்தினர், ஒவ்வொரு கத்தியும் மீண்டும் எந்நிலையில் தனது கைக்குத் திரும்பி வரும் என்பது கருராய்த் தனக்குத் தெரியும் வண்ணம் வித்தைக்காரர் அதைத் தனது கையிலிருந்து சுழன்று கொண்டு மேலே செல்லும்படி எறிந்ததைக் கவனிக்கத் தவறவில்லை என்று தமது மகிழ்ச்சி ஆரவாரத்தின் மூலமும் இதர வழிகளிலும் தெரியப்படுத்திக் கொண்டனர். அன்று மாலை செய்து காட்டப்பட்ட ஒவ்வொரு வித்தையும் மேற்கூறிய கோட்பாட்டை விளக்கும் எடுத்துக்காட்டாய் அமைந்ததைக் கண்டு நான் வியப்புற வேண்டியதாயிற்று.''

கொலம்பசும் முட்டையும் பற்றிய பிரச்சினைக்குப் புதிய விடை

ஒரு முட்டையை அதன் முனையின் மீது எவ்வாறு நிறுத்துவது என்னும் பிரசித்தமான பிரச்சினைக்குக் கொலம்பஸ் எளிய முறையில் தீர்வு கண்டார். முட்டையின் மேல் முனையைத் தட்டிச் சப்பையாக்கித் தீர்வு கண்டார் அவர். (நிற்க, கொலம்பசையும் முட்டையையும் பற்றிய பலரும் அறிந்த இந்தக் கதை மெய்யானதல்ல. கொலம்பசுக்கு நெடுங்காலத்திற்கு முன்னரே, முற்றிலும் வேறொரு காரணத்திற்காக வேறொருவர் செய்தது கொலம்பசால் செய்யப்பட்டதாக வழக்கில் வந்துவிட்டது. இதைச் செய்தவர், ஃபிளாரென்ஸ் நகரத்து மாதாகோயிலின் மாபெரும் வில்மாடத்தைக் கட்டிய இத்தாலியக் கட்டடச் சிற்பியான புருனெலேஸ்கி. ''இந்த முட்டை தனது குறுகிய முனைமீது எப்படி நிற்கிறதோ அதே போல எனது வில்மாடமும் விழாமல் நேரே நிற்கும்'' என்றவர் அவர்.)

உண்மையில் கொலம்பஸ் கண்ட தீர்வு சரியானதல்ல. முட்டை முனையைத் தட்டி நசுக்கி அவர் முட்டை வடிவத்தையே மாற்றிவிட்டார்; அதாவது அவர் நிற்க வைத்துக் காட்டிய பொருளை முட்டை என்பதாய்ச் சொல்வதற்கில்லை. முட்டையின் முட்டை வடிவமே பிரச்சினையின் அடிநிலை. இந்த வடிவம் மாற்றப்பட்டதும் முட்டை முட்டையாய் இல்லாமல் வேறொரு பொருளாய் மாற்றப்பட்டு விடுகிறது. கொலம்பஸ் கண்ட தீர்வு உண்மையில் தரப்பட்ட பொரு

படம் 29. கொலம்பசின் முட்டைப் பிரச்சினைக்குத் தீர்வு. சுழற்றிவிட்டால் முட்டை தனது முனையின் மீது நிற்கின்றது.

ளுக்கு அல்லாமல் பிறிதொரு பொருளுக்கான தீர்வாகும். ஆனால் முட்டையின் வடிவத்தை மாற்றாமலே பம்பரத்தின் இயல்பைக் கையாண்டு இந்தப் பிரச்சினைக்குத் தீர்வு காண முடியும். முட்டையை அதன் முனை மீது நிறுத்தி சுழற்றிவிட்டால் போதும். அகன்ற முனை மீதும், குறுகிய முனைமீதும்கூட அதை நிறுத்திச் சிறிது நேரத்துக்கு விழாமல் சுழலச் செய்யலாம். எப்படிச் செய்வது என்பதை படம் 29 காட்டுகிறது. வெந்த முட்டையையே உபயோகிக்கவும். கொலம்பஸ் பிரச்சினையின் நிபந்தனைகளை இது மீறுவதாய் இருக்க முடியாது. ஏனெனில் அவர் இப்பிரச்சினையை முன்வைத்தபோது சாப்பாட்டு மேஜையிலிருந்த முட்டையையே எடுத்துக் கொண்

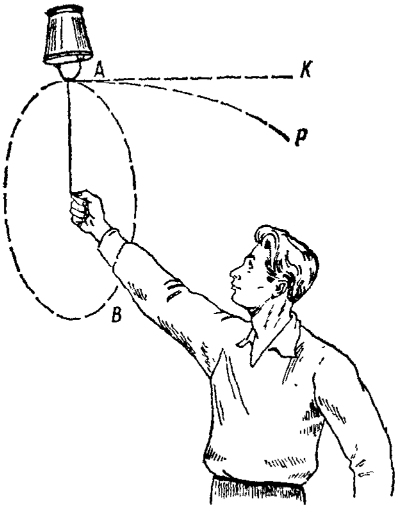
டார். ஆகவே அது வெந்த முட்டையாகவே இருந்திருக்கும். பச்சை முட்டையை அதன் முனைமீது நிறுத்திச் சுழல வைக்க முடியாது. ஏனென்றால் பச்சை முட்டையினுள் இருக்கும் திரவ உள்ளடக்கம் முட்டையைச் சுழல விடாமல் தடுத்து விடும். பச்சை முட்டையா வெந்த முட்டையா என்று தெரிந்து கொள்ள இது ஒரு எளிய வழியாகும். வீட்டில் பெண்கள் பலருக்கும் தெரிந்ததே இது.

ஈர்ப்பு ''ஒழிக்கப்படுதல்''

''சுழலும் பாத்திரத்திலுள்ள நீர் அந்தப் பாத்திரம் தலைகீழாய்க் கவிழ்கிற போதும் கீழே கொட்டுவதில்லை. சுழற்சியானது நீரைக் கொட்ட விடாமல் தடுக்கிறது.'' சுமார் இரண்டாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு அரிஸ்டாட்டில் எழுதியது இது. நீங்கள் பலரும் அறிந்திருக்கக் கூடிய இந்தச் சுவையான சோதனையைப் படம் 30இல் காணலாம். படத்தில் காட்டப்படும் முறையில் ஒரு வாளி நீரைப் போதிய அளவு வேகமாய்ச் சுற்றினால் வாளி தலைகீழாய்க் கவிந்திருக்கும் நிலையிலுங்கூட நீர் அதிலிருந்து கீழே கொட்டுவதில்லை.

''மைய விலகு விசை'' எனப்படுவதே இதற்குக் காரணம் என்று சகஜமாய்ப் பலரும் விளக்கம் கூறுவார்கள். இந்த மைய விலகு விசையைக் கற்பனையான விசையாகவும், இது பொருளின்மீது செயல்பட்டு ஈர்ப்பு மையத்தை விட்டோடும் போக்கினை அதற்கு அளிப்பதாகவும் இவர்கள் கூறுவார்கள். இப்படி ஒரு விசை இருக்கவில்லை. மையத்தை விட்டு விலகும் இந்தப் ''போக்கு'' சடத்துவத்தின் ஒரு பிரதிபலிப்பே அன்றி வேறல்ல. சடத்துவத்தின் காரணமாய் நிகழும் எந்த இயக்கமும் தொடர்ந்து நடந்தேற விசை எதுவும் வேண்டியதில்லை. பௌதிகவியலாளர்கள் மைய விலகு விசையை முற்றிலும் வேறு விதமானதாய்க் கொள்கின்றனர்; அதாவது சுழலும் பொருள் தன்னைப் பிடித்துக் கொண்டிருக்கும் கயிற்றை இழுத்தோ, தனது வளைவுப் பாதையை அழுத்தியோ செலுத்தும் மெய்யான விசையாய் இதைக் கொள்கின்றனர். இந்த விசையானது இயங்கும் பொருளின்மீது செலுத்தப்படவில்லை; அப்பொருளை நேர்கோட்டுப் பாதையில் செல்ல முடியாதபடி தடுக்கும் தடையான கயிறு.

வளைந்து செல்லும் ரயில் பாதையின் தண்டவாளங்கள் போன்றவற்றின்மீதே செலுத்தப்படுகிறது.



படம் 30. நீர் ஏன் கீழே சிந்துவதில்லை?

இனி நமது சுழலும் வாளியின் விவகாரத்துக்குத் திரும்பலாம். ''மைய விலகு விசை'' என்னும் தெளிவற்ற கருத்தைக் கையாளாமலே இந்த விவகாரத்துக்கு விளக்கம் கூற முடியுமா என்று பார்ப்போம். வாளியில் ஒரு துளை இட்டால் தண்ணீர் எந்தத் திசையில் பீச்சி அடிக்கும்? ஈர்ப்பு விசை இல்லாவிட்டால், சடத்துவம் காரணமாக, வட்டத்தின் பரிதி AB க்குத் தொடுகோடான AK யின் திசையில் தண்ணீர் சிந்தும் (படம் 30). ஆனால், ஈர்ப்பு அதை AP என்னும் பரவளைவுப் பாதையில் செல்லும்படிச் செய்யும். அதன் பரிதிவேகம் போதிய அளவிற்கு அதிகமாயிருந்தால், இந்த வளைவுப் பாதை AB என்னும் பரிதிக்கு வெளியே அமைந்து, வாளியினால் தடுக்கப்படாவிட்டால் சுழலும் வாளியிலுள்ள நீர் செல்லும் திசையைக் காட்டும். இதிலிருந்து நேர்க்குத்தாக நீர் கீழே விழ முற்படவில்லை என்பதும், எனவேதான் அது கீழே கொட்டாமல் வாளியிலேயே இருக்கிறது என்பதும் தெரிய வருகின்றன. வாளியின் மேற்பகுதி அதன் சுழற்சியின் திசையிலேயே இருந்தால்தான் நீர் வெளியே சிந்தும்.

வாளியிலிருந்து நீர் கீழே கொட்டாமலிருக்க வேண்டுமாயின், நாம் வாளியைச் சுழற்றவேண்டிய வேகத்தின் அளவை இப்பொழுது கணக்கிடுவோம். சுழலும் வாளியின் மைய விலகு வளர்வேகம் ஈர்ப்பு வளர்வேகத்தை விடக் குறைவாய் இருக்கக்கூடாது. அப்போது, வாளியிலுள்ள நீர் செல்ல முற்படும் பாதை வாளி செல்லும் பரிதிக்கு வெளியே இருக்கும்;

ஆகவே பாதையின் எந்த இடத்திலும் தண்ணீர் வாளியிலிருந்து பின்தங்கிவிடாது. மைய விலகு வளர்வேகமான Wஐக் கணக்கிடுவதற்கு நாம் பயன்படுத்த வேண்டிய சூத்திரம்:

$$W = \frac{v^2}{R};$$

இதில் v என்பது பரிதி வேகத்தையும், R என்பது வட்டப் பாதையின் ஆரத்தையும் குறிக்கின்றன. பூமியின் மேற்பரப்பின் மீது ஈர்ப்பு வளர்வேகமான gயின் மதிப்பு 9.8 மீட்டர் விஞடி^{2}; எனவே,

$$\frac{v^2}{R} \geqslant 9.8.$$

என்றும் சமனிலி கிடைக்கிறது.

Rஐ 70 சென்டிமீட்டராய்க் கொள்வோமாயின்,

$$\frac{v^2}{0.7} \geqslant 9.8;$$

$$v \geqslant \sqrt{0.7 \times 9.8};$$

$$V \geqslant 2.6 \text{ மீட்டர்/விஞடி.}$$

அதாவது, Vஇன் மதிப்பு விஞடிக்கு 2.6 மீட்டரைவிடக் குறைந்துவிடக் கூடாது.

இவ்வளவு பரிதி வேகம் பெறுவதற்கு, விஞடிக்கு ஒன்றரைச் சுற்றுகள் சுற்ற வேண்டும். இதைச் செய்வது சாத்தியமே. ஆகவே, இச்சோதனையை நாம் குறிப்பிடத்தக்க சிரமம் எதுவுமின்றிச் செய்யலாம்.

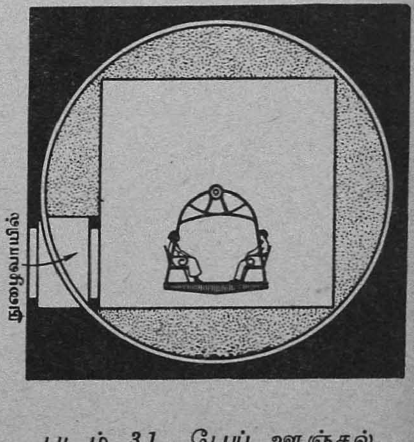
கிடைமட்டமான அச்சைச் சுற்றிச் சுழற்றப்படும் திரவங்கள் பாத்திரத்தின் சுவர்கள் மீது அழுத்துவதை இஞ்சினியர்கள் மைய விலகு வார்ப்பு முறை என்பதில் பயன்படுத்துகின்றனர். இதிலுள்ள முக்கியமான விவரம் என்னவென்றால், வெவ்வேறான ஒப்படர்த்தியுள்ள பகுதிகளைக் கொண்ட திரவம் ஒப்படர்த்திக்கேற்ப—அதிக கனமான பகுதிகள் சுழற்சி அச்சுக்குத் தொலைவிலும், இலேசான பகுதிகள் சுழற்சி அச்சுக்கு அருகிலும் — அடுக்கடுக்காகப் பிரிந்து கொள்ளுகிறது என்பதே ஆகும். இதன் விளைவாக, உருகிய உலோகத்திலுள்ள,

வார்ப்படத்தினுள்ளே சிறு துளைகளை உண்டாக்கும் வாயுக்கள் அனைத்தும் வார்ப்படத்தின் மையத்தில் கூடு போன்றிருக்கும் கால்வாயில் வந்து சேர்ந்துவிடுகின்றன. மைய விலகு வார்ப்பு முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட வார்ப்புகள் சீரான அமைப்பும் அடர்த்தியும் உடையனவாயும், வார்ப்பினுள் சிறு துளைகள் இல்லாமலும் இருக்கின்றன. இம்முறை சாதாரண அழுத்த வார்ப்பு முறையைவிட மலிவானது; சிக்கலான சாதனம் எதுவும் இதற்குத் தேவைப்படுவதில்லை.

கலிலேயோவாக நீங்கள்

தலை கிறுகிறுக்கும் அநுபவத்தை விரும்புவோருக்குப் ''பேய் ஊஞ்சல்'' எனப்படும் கேளிக்கை மகிழ்ச்சி ஊட்டுவதாய் இருக்கும். பீடோ எழுதிய விஞ்ஞான வேடிக்கைகள் என்னும்தொகுப்பில் இது பற்றி கூறப்படுவதை எடுத்துரைக்கிறேன்:

''அறையின் குறுக்கே தரையிலிருந்து தக்க உயரத்தில் அமைந்த கிடைமட்டத் தண்டு ஒன்றிலிருந்து இந்த ஊஞ்சல் தொங்குகிறது. யாவரும் இருக்கைகளில் அமர்ந்ததும் பணியாளர் கதவை மூடுகிறார், ஊஞ்சலில் ஏறுவதற்கான பலகையையும் அப்புறப்படுத்துகிறார். பிறகு எல்லோரையும் சிறிது நேரம் விமானப் பயணம் செய்ய வைத்துக் காட்டப் போவதாய்க் கூறிவிட்டு, ஊஞ்சலை மெள்ளத் தள்ளிவிடுகிறார். இதன் பின் அவர் மெய்க்காப்பாளனைப் போல பின்புறத்தில் நிற்கிறார், அல்லது அறையிலிருந்து வெளியேறி விடுவதும் உண்டு. ஊஞ்சல் மேலும் மேலும் உயர்ந்து சென்று ஆடுகிறது. முடிவில் முழுச் சுற்று சுற்றிச் சுழலுகிறது. வேகம்



படம் 31. பேய் ஊஞ்சல்.

குறிப்பிடத்தக்கவாறு மேன்மேலும் அதிகரித்துச் செல்கிறது. நடைபெறப் போவது என்னவென முன்கூட்டியே எச்சரிக்கப் பட்டிருந்துங்கூட ஊஞ்சலில் இருப்போர் தலைகீழாய் விண் வெளியிலே பறக்கிறோமென நினைத்துத் தலை கிறுகிறுப்பது போன்ற உணர்வை பெறுகின்றனர்; கீழே விழுந்துவிடாமல் இருக்கும் பொருட்டுத் தம்மையும் அறியாமல் கெட்டியாய் இருக்கையைப் பிடித்துக் கொள்கிறார்கள். பிறகு ஊஞ்சலின் வேகம் குறைந்து முடிவில் ஆடாமல் நிற்கிறது.

''உண்மை என்னவெனில் முழு நேரமும் ஊஞ்சல் ஆடாமல் அசைவற்றுதான் நின்று கொண்டிருந்தது. அறைதான் ஓர் எளிய சூட்சுமத்தின் மூலம் சுழற்றப்பட்டு ஊஞ்சலில் இருந்தோரைச் சுற்றி வந்தது. அறையிலுள்ள தட்டுமுட்டுச் சாமான்கள் யாவும் தரையுடனே சுவருடனே இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. எளிதில் திரும்பும் படி மேஜையுடன் இணைக்கப்பட்ட மின்சார விளக்கின் கவிகை பெரிதாய் இருந்தது. ஊஞ்சலை ஆட்டுவது போல பாவனை செய்த பணி யாளர் உண்மையில் அசைவை அறையின் இலேசான அலை வுக்கு இசைவுபடுத்தியதற்கு மேல் ஒன்றும் செய்யவில்லை. யாவும் வெற்றிகரமான எமாற்று வித்தையே அன்றி வேறில்லை.''

இதன் இரகசியம் தெளிவாய் விளங்குகிறது. இப்பொழுது உங்களுக்கு இது தெரிந்துவிட்டது என்றாலுங்கூட நீங்களும் எமாற்றப்படவே செய்வீர்கள், அப்படிப்பட்ட ஒரு மாய் மாலம் இது!

''இயக்கம்'' என்னும் தலைப்பில் 19ஆம் நூற்றாண்டைச் சேர்ந்த மாபெரும் ருஷ்யக் கவிஞர் பூஷ்கினின் கவிதை ஒன்று உள்ளது:

> ''இயக்கம் என்பதே இல்லை''—
> என்றார் தாடி முனிவர்.*
> அவருடன் உரையாடியவர்**
> அதற்கு மறுமொழியாய்

---

* கி. மு. 6ஆம் நூற்றாண்டில் இருந்த கிரேக்கத் தத்துவ வாதி ஸேனோன். உலகிலுள்ளவை யாவும் பெயர்ச்சியின்றி நிலையாகவே இருப்பதாய் இவர் கூறினார். ''யாவும் நகர்ந்து கொண்டிருப்பதாக நாம் நினைப்பதற்கு நமது புலன்களால் உண்டாகும் மாயையே காரணம்'' என்றார்.

** டையோஜெனிஸ்.

நடக்கவே தொடங்கி விட்டார்;
பொருத்தமான விடையே அது—
பேச்சை விடவும் அச்சடித்த
தாளின் குழப்பும் சொற்கள்
தனினும் நனிசிறந்த விடை அது.
ஆயினும், அன்புடையீரே
நகைப்பூட்டும் இந்நிகழ்வு
சுவையான வேறென்றை
நினைவுறுத்துகிறது எனக்கே.
நிர்மல நாட்கள் தனிலே கதிரோன்
நகர்வது போலத் தோன்றிடினும்
உறுதி மிக்க கலிலேயோ
உரைத்ததுதானே உண்மை.

ஊஞ்சலின் இரகசியத்தை அறியாதோராய் அதில் அமர்ந்திருந்தோரிடையே நீங்கள் ஒரு கலிலேயோவாக விளங்குவீர்கள்—ஆனால் எதிர்மறையான நிலையில். கண்ணுக்குத் தெரிவதற்கு மாருய் சூரியனும் விண்மீன்களும் நிலையாய் இருக்க நாம்தான் அவற்றைச் சுற்றி வருகிறோம் என்பதாய்க் கலிலேயோ கூறினர்; ஆனல் நீங்கள் ஊஞ்சல் நிலையாய் இருக்க அறைதான் அதைச்சுற்றி வருவதாய்ச் சொல்வீர்கள். கலிலேயோவுக்கு நேர்ந்த அதே துயர கதி உங்களுக்கும் ஏற்பட்டு, அவரைப் போலவே நீங்களும் கண்கூடாய்த் தெரிவதை மறுப்பவராய் நிந்திக்கப்படலாம்....

இதைப் பற்றி என்னுடன் வாதாடுங்கள்

நீங்கள் கூறுவதை மெய்ப்பிப்பது எளிது என்று நினைக்கிறீர்கள்? அப்படி நினைத்தால் அது தவறு. நீங்கள் ''பேய் ஊஞ்சலில்'' உட்கார்ந்து கொண்டு, அருகிலுள்ளவர்களிடம் அவர்கள் நினைப்பது தவறு என்று எடுத்துரைக்க முயற்சி செய்வதாய் வைத்துக் கொள்ளலாம். என்னுடன் இதைப் பற்றி முதலில் விவாதித்துப் பாருங்கள். விவாதத்தைத் துவக்குமுன் ஊஞ்சல் ஒரு முழுச் சுற்றை முடிப்பதுபோல் தோன்றும் வரை காத்திருப்போம். ஒரே ஒரு நிபந்தனை: நாம் விவாதிக்கும்போது நீங்கள் ஊஞ்சலிலேயே உட்கார்ந்திருக்க வேண்டும். நமக்கு வேண்டியவை அனைத்தையும் முன்னதாகவே எடுத்துக் கொண்டு விடுவோம்.

நீங்கள்: அறைதான் சுழலுகிறது, நாம் நிலையாகவே

இருக்கிறோம். இதில் சந்தேகம் என்ன? நாம் உட்கார்ந்திருக்கும் ஊஞ்சல் உண்மையாகவே தலைகீழாய்ச் சுழன்றால், நாம் கீழே விழுந்து விடுவோமே. காற்றில் ஒருபோதும் நம்மால் தலைகீழாய்த் தொங்க முடியாது. ஆனால், நாம் கீழே விழவில்லை; எனவே சுழலுவது அறையேதான், ஊஞ்சல் அல்ல.

நான்: சுழலும் வாளியிலுள்ள நீரை நினைவுபடுத்திக் கொள்ளுங்கள். வாளி தலைகீழாய்ச் சுழன்றாலும் நீர் கீழே சிந்தவில்லை. சிந்தியதா? அல்லது, ''வளையத்தில் வட்டமிடும்'' சைக்கிளோட்டியை எடுத்துக் கொள்ளுங்கள். தலைகீழாய்ச் சைக்கிளில் சென்றாலும் அவன் கீழே விழுவதில்லையே.

நீங்கள்: அப்படியானால் மைய விலகு வளர்வேகம், நாம் விழுவதைத் தடுக்கக் கூடிய அளவிற்கு அதிகமாயிருக்கிறதா என்பதைக் கணக்கிடுவோம். சுழற்சி அச்சிலிருந்து எவ்வளவு தூரத்தில் இருக்கிறோம் என்பதும், ஒவ்வொரு விநாடியிலும் எவ்வளவு சுற்றுக்கள் சுழலுகிறோம் என்பதும் நமக்குத் தெரியுமாதலால், சூத்திரத்தைக் கொண்டு இதை எளிதில் கணக்கிட முடியும்....

நான்: அந்தத் தொல்லையே வேண்டியதில்லை. நான் தரும் விளக்கத்துக்கு வேண்டிய சுற்றுக்கள் எவ்வளவோ அதற்குக் குறையாமல் நாம் சுற்றுவோமென பணியாளர் சொல்லியிருப்பதால் உங்கள் கணக்குகள் எனக்குத் தேவையில்லை.

நீங்கள்: ஆனால் உங்களை ஒப்புக் கொள்ளச் செய்ய முடியும் என்பதில் நான் நம்பிக்கை இழந்துவிடவில்லை. இதோ பாருங்கள், இந்தக் கிளாசிலுள்ள தண்ணீர் கீழே கொட்டவில்லை பாருங்கள். இதற்கும் நீங்கள் சுழலும் வாளியைப் பற்றி சொல்லி விளக்கம் கூற முற்பட்டு விடுவீர்கள், இல்லையா? சரி, இதோ என்னிடம் தூக்குக் குண்டு இருக்கிறது. எந்நேரமும் இது கீழ்நோக்கிக் காட்டுவதைப் பாருங்கள். நாம் சுழன்றுவர அறை சுழலாமல் நிலையாய் இருக்குமாயின் தூக்குக் குண்டு சுழன்றட அல்லவா வேண்டும்?

நான்: நீங்கள் நினைப்பது தவறு. நாம் போதுமான வேகத்துடன் சுழன்றால், தூக்குக் குண்டு சுழற்சி ஆரத்தின் திசையில் அச்சிலிருந்து வெளி நோக்கித் தள்ளப்பட்டிருக்க வேண்டும்; அல்லது, அதையே வேறு விதமாகச் சொன்னால், அது நமது பாதங்களைச் சுட்டிக் காட்டிக் கொண்டிருக்க வேண்டும். அதைத்தான் செய்கிறது அது.

வாக்குவாதத்துக்கு எப்படி இறுதி முடிவு காணலாம்

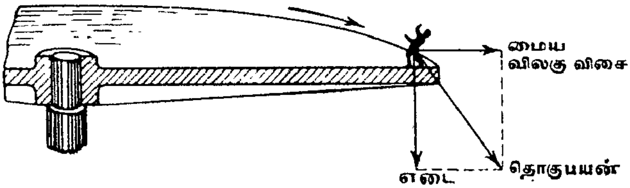
உங்கள் எதிராளிகளுக்கு உண்மையைப் புலப்படுத்துவதற்கான வழி இதுதான். ஊஞ்சலில் உட்காரும்போது, ஒரு சுருள்வில் தராசை எடுத்து வைத்துக் கொள்ளுங்கள். அதன் தட்டில் ஒரு கிலோகிராம் எடையை வைத்துத் தராசு முள்ளைக் கவனியுங்கள். அது நிலையாகவே இருப்பது உங்கள் கட்சியை ருசுப்பிக்கின்றது.

உண்மையில், தராசுடன்கூட நாமும் அச்சைச் சுற்றிச் சுழன்று கொண்டிருந்தால், ஈர்ப்பு விசையினால் மட்டும் அன்றி, மைய வலகு விளைவினாலும், கீழே இருக்கும்போது அதன் எடை கூடவும், மேலே இருக்கும்போது அதன் எடை குறையவும் முற்பட்டு, எடையின் அளவு பாதிக்கப்படும். ஆனால், தராசு முள் நிலையாக, அதாவது, எடை கூடாமலும் குறையாமலும் இருப்பதால், நகருவது அறையே தவிர, நாம் அன்று.

''மாயக்'' கோளம்

அமெரிக்கர் ஒருவர் ஒரு பொழுதுபோக்குப் பூங்காவில் அதிவினோதக் கோள் ராட்டினம் ஒன்றை அமைத்தார். கோள வடிவமுள்ள அதன் சுழலும் அறைக்குள் சென்றோர் அதிசயக் கனவுலகில் நுழைந்துவிட்டதுபோன்ற விந்தையான உணர்ச்சிகளுக்கு உள்ளாயினர்.

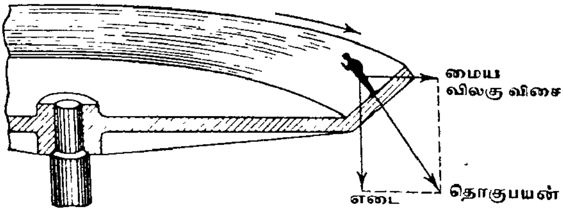
வேகமாய்ச் சுழலும் வட்ட மேடை ஒன்றின் விளிம்பில் நின்று கொண்டிருக்கும்போது உங்களுக்கு என்ன நேருகிறது என்பதை முதலில் நினைவுபடுத்திக் கொள்ளுங்கள். மேடையின் சுழற்சி உங்களை வெளியே தள்ளிவிட முயலுகிறது; சுழலும் மேடையின் மையத்திலிருந்து எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு அப்பால் இருக்கிறீர்களோ, அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு பலமாகத் தள்ளப்படுவீர்கள். இப்போது கண்களை மூடிக் கொள்ளுங்கள். உடனே நீங்கள் ஒரு சாய்தளத்தில்—கிடைமட்டத் தளத்தில் அல்ல!—நிற்க முடியாமல் நிற்பது போல் உங்களுக்குத் தோன்றுகிறது. ஏன்? அந்நிலையில் உடலின் மீது என்னென்ன விசைகள் செயல்படுகின்றன என்பதைக் கவனிப்போம் (படம் 32). சுழற்சியானது, உங்களைப் பக்கவாட்டில்



படம் 32. சுழலும் மேடையின் விளிம்பில் நிற்பவருக்கு எப்படி இருக்கும்?

வெளியே தள்ளிவிட முயலுகிறது; ஈர்ப்போ நேர்க்குத்தாகக் கீழே இழுக்கிறது. இவ்விரு விசைகளும்—இணைகர விதிக்கிணங்க — கீழ்ப்புறமாகச் சாய்ந்துள்ள தொகுசக்தி ஒன்றை ஏற்படுத்தும் வகையில் தொகுப்புறுகின்றன. சுழற்சியின் வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, தொகுசக்தியின் அளவும் அதிகமாகிறது; கோணமும் மேன்மேலும் விரிகின்றது.

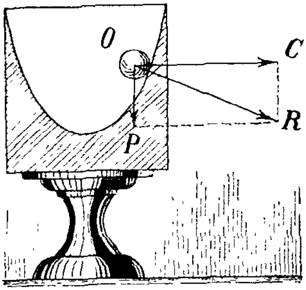
இப்போது, மேடையின் விளிம்பு மேல்நோக்கிச் சாய்ந்திருப்பதாகவும் அதன் மீது நீங்கள் நின்று கொண்டிருப்பதாகவும் வைத்துக் கொள்ளலாம் (படம் 33). மேடை நகராதிருக்கும் போது, உங்களால் அங்கே நிற்க முடியாது; நிச்சயமாகக் கீழ்நோக்கிச் சரிவீர்கள் அல்லது கீழே விழுந்து கூட விடுவீர்கள். ஆனால், மேடை சுழலும்போது உங்கள் நிலைமை வேருக இருக்கும். அப்பொழுது, மேடை போதிய வேகத்துடன் சுழன்று கொண்டிருந்தால், இச்சாய்தளம் உங்களுக்குச் சம்தளமாகத் தோன்றும்; ஏனெனில், மைய விலகு விசை, ஈர்ப்பின் விசை ஆகியவற்றின் தொகுசக்தியும் சாய்ந்



படம் 33. சுழலும் மேடையின் சாய்வு விளிம்பில் நின்ருல் விழ மாட்டீர்கள்.

திருக்கும்; ஆனால், சரிவாயுள்ள விளிம்பிற்குச் செங்கோணத்தில் அமைந்திருக்கும். (நிற்க, இருப்புப் பாதையின் வளைவான பகுதிகளில் வெளித் தண்டவாளம் இதனால்தான் உள் தண்டவாளத்தை விடச் சற்று உயர்ந்திருக்கிறது. மேலும், பந்தயப் பாட்டைகள் உள்நோக்கிச் சரிந்திருப்பதற்கும் வெகுவாய்ச் சாய்ந்து வட்டமாய்ச் செல்லும் சுவர்களின் மீது பந்தயக்காரர்கள் தமது வாகனங்களை வேகமாய் ஓட்டிச் செல்ல முடிவதற்கும் காரணம் இதுவேதான்.)

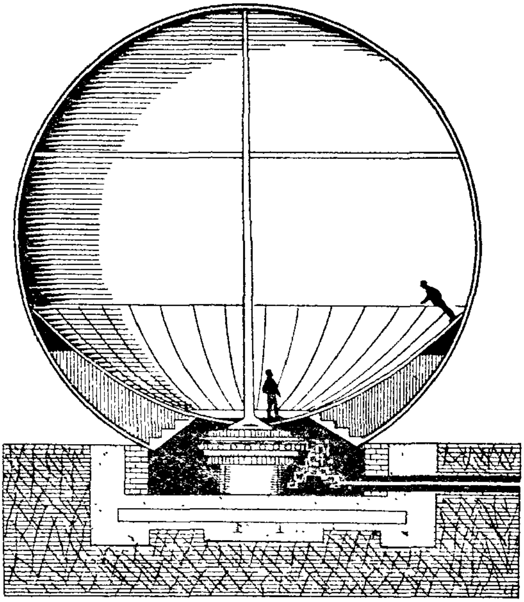
குறிப்பிட்ட ஒரு வேகத்தில் சுழலும் மேடையின் பரப்பில் ஒவ்வோர் இடமும் தொகுசக்திக்குச் செங்கோணத்தில் இருக்கும்படி அதன் விளிம்பை மேல்நோக்கிச் சரிவாக அமைத்தால், அதன்மீது நின்றுகொண்டிருக்கும் ஆள். தான் எங்கிருந்தாலும் சமதளத் தரையின்மீது நிற்பதாகவே எண்ணிக் கொள்ளுவான். இந்த வளைந்த பரப்பு, கனபரவளையம் (பாரபொலாய்ட்) எனப்படும் வடிவ கணித வளை பரப்பாக இருக்கும் என்பதைக் கணிதவியலாளர்கள் கண்டுபிடித்துள்ளனர். பாதி அளவிற்குத் தண்ணீர் இருக்கும் கண்ணாடிப் பாத்திரம் ஒன்றைச் செங்குத்தான அச்சைச் சுற்றி விரைவாய்ச் சுழற்றி இத்தகைய கனபரவளையப் பரப்பை உண்டாக்கலாம். இதில், விளிம்பின் அருகே இருக்கும் நீர் உயர ஏறும்; மையத்தில் உள்ளதோ கீழ் மட்டத்துக்குத் தணியும். இதன் விளைவாய் நீரின் பரப்பு கனபரவளைய வடிவத்தை அடையும். நீருக்குப் பதிலாய் உருகிய மெழுகைப் பயன்படுத்தி மெழுகு உறையும் வரை பாத்திரத்தைச்சுழற்றிக் கொண்டிருந்தால் மிகவும் திட்டமான கனபரவளையம்கிடைக்கும். குறிப்பிட்ட ஒரு வேகத்தில் சுழற்றப்பட்டால், அத்தகைய திடப் பொருளின் மேற்பரப்பு கிடைமட்டமாகி விட்டது போலாகிவிடும்;



படம் 34. பாத்திரத்தைப் போதிய வேகத்தில் சுழலச் செய்தால் சிறு பந்து கீழே விழாமல் பக்கப் பரப்பில் நிலையாக இருக்கும்.

இப்பரப்பில் ஒரு கோலியை எங்கே வைத்தாலும், அது உருண்டு ஓடாமல் நிலையாக இருக்கும் (படம் 34).

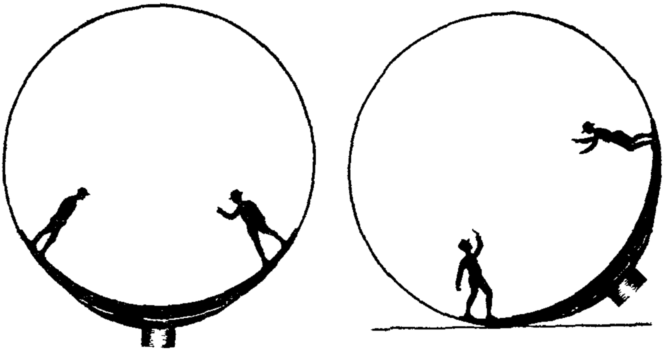
''மாயக்'' கோள ராட்டினத்தின் அமைப்பினை இனி நீங்கள் எளிதில் புரிந்து கொள்ளுவீர்கள். அதன் அடிப்பகுதி



படம் 35. ''மாயக்'' கோளம் (வெட்டு முகத் தோற்றம்).

(படம் 35) கனபரவளைய வடிவத்தில் அமைக்கப்பட்ட சுழலும் மேடையாகும். மறைந்துள்ள இயந்திர அமைப்பால் இம்மேடை சிறிதும் அசங்காமல் சுழற்றப்பட்டாலுங்கூட, கோள அறையினுள் இருக்கும் சாமான்களும் சேர்ந்து சுழலாவிடில் அறையில் இருப்போருக்குத் தலை கிறுகிறுக்கத் தொடங்கிவிடும். மேடை சுழலாமலே இருப்பதாய் நீங்கள் நினைக்கும் பொருட்டு, ஒளி புகாத கோளத்தினுள் அது வைக்கப்பபட்டு, மேடையின் அதே வேகத்தில் அந்தக் கோளமும் சுழற்றப்படுகிறது.

அதனுள் இருக்கும்போது உங்கள் கண்ணுக்குத் தெரி வதும் மனத்துள் ஏற்படும் உணர்ச்சிகளும் எப்படி இருக்கும்? அது சுழலும்போது நீங்கள் தரை உண்மையிலேயே கிடை மட்டமாக இருக்கும் அச்சுக்கு அருகே நின்ருலும் சரி, 45° சாய்ந்திருக்கும் விளிம்புக்கு அருகே நின்ருலும்சரி, எங்கும் உங்கள் கால்களின் கீழேயுள்ள தரை தட்டையாக இருப்பது போலவே தோன்றும். தரை உட்புறமாகக் குழிந்திருப் பதைக் கண் தெளிவாகக் காண்பிக்கிறது; ஆனுல் உடல் தசை களோ சமதளத் தரையின் மீது நிற்பதைப் போன்ற உணர்ச் சியைத் தருகின்றன. இரு புலன்களும் பதிவு செய்யும் உணர்ச்சி



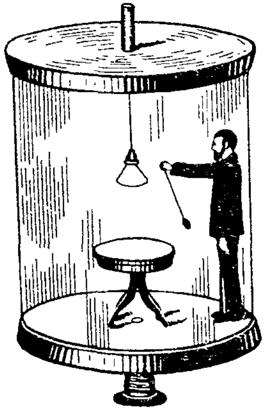
படம் 36. ''மாயக்'' கோளத்தினுள் இருவரின் உண் மையான நிலை (இடம்); ஒவ்வொருவரும் தாம் காண்ப தாக நினைப்பது (வலம்).

கள் முரணுயுள்ளன. மேடையின் ஒரு விளிம்பிலிருந்து மற் றெரு விளிம்பிற்கு நீங்கள் நடக்கையில் பிரம்மாண்டமான அந்தக் கோளம் சோப்புக் குமிழி போல அவ்வளவு எளிதாய் உங்கள் எடையால் அழுத்தப்பட்டுப் புரண்டு கொள்வது போலத் தோன்றும். எந்த இடத்திலும் சமதளத் தரையின் மீது நின்று கொண்டிருப்பதாக நீங்கள் நினைத்துக் கொண் டிருக்கும்போது, ''இம்மாயக்'' கோளத்திலுள்ள ஏனையோர் ஈக்களைப் போல் சுவரில் மேலும் கீழுமாக ஊர்வது போல இருக்கும் (படம் 36). தரையில் சிந்திய நீர் குழிந்த பரப்பின்

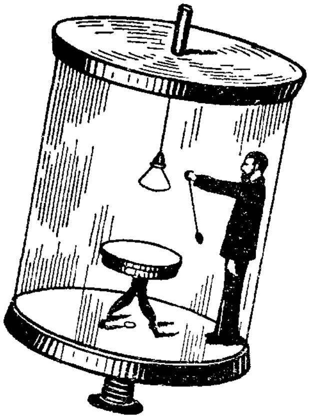
மீது சமமாகப் பரவுவதால், உங்களுக்கு முன்பாக நீரினுலான சாய்ந்த சுவர் ஒன்று இருப்பதாய் நினைப்பீர்கள்.

ஈர்ப்பைப் பற்றி உங்களுக்கிருக்கும் வழக்கமான நினைப்புகள் யாவும் தகர்ந்துவிடும். விமானி ஒருவன் ஆகாயத்தில் விமானத்தைத் திசை மாறச் செய்யும்போது அவனுக்கும் இதே அநுபவம் ஏற்படும். 500 மீட்டர் ஆரமுள்ள ஒரு வளைவான பாதையில் மணிக்கு 200 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் பறக்கும் போது, தரை "மேலெழும்பியதாகவும்", 16° கோணத்தில் சாய்வதாகவும் விமானிக்குத் தோன்றும். ("பொழுதுபோக்கு இயந்திரவியல்", அத்தியாயம் 5ஐப் பார்க்கவும்.)

கேட்டின்கென் என்னும் ஜெர்மன் நகரில் விஞ்ஞான ஆராய்ச்சிகளுக்கென அத்தகைய சுழலும் சோதனைக்கூடம் ஒன்று



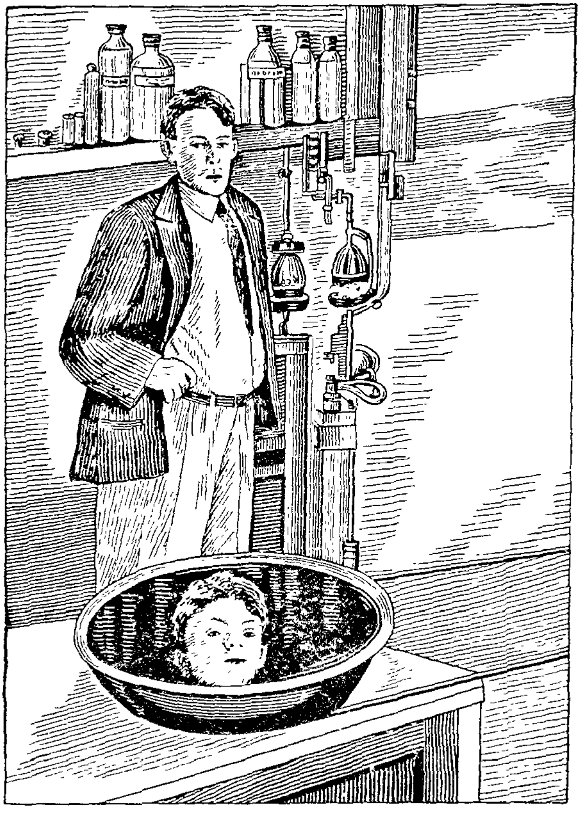
படம் 37. சுழலும் சோதனைக் கூடம். உண்மை நிலை.



படம் 38. சுழலும் சோதனைக்கூடம். தோற்ற நிலை.

கட்டப்பட்டது. இது (படம் 37) 3 மீட்டர் குறுக்களவுள்ள உருளை வடிவில் அமைந்து விஞடிக்கு 50 சுற்றுக்கள் சுற்றும் ஓர் அறை. அதன் தரை தட்டையானதால், அதன் சுவரை ஒட்டி நின்று கொண்டிருக்கும் ஒருவருக்கு, சுழலும் அறை பின்புறமாகச் சாய்ந்திருப்பதாகவும், தாமே சாய்வான சுவரின்மீது சாய்ந்து படுத்திருப்பதாகவும் தோன்றியது.

பிரதிபலனத் தொலைநோக்கிக்கான மிகச் சிறந்தவகை ஆடி, பரவளைய வடிவுள்ளதாக — சுழலும் பாத்திரம் ஒன்றில் இருக்கும் திரவத்தின் மேற்பரப்பிற்கு உண்டாகும் அதே வடிவு உள்ளதாக — இருக்க வேண்டும். தொலைநோக்கி அமைப்பாளர்கள் பல ஆண்டுகள் வேலை செய்து இவ்வடிவுள்ள ஆடியைத் தயாரிக்க வேண்டியிருக்கிறது. அமெரிக்கப் பௌதிகவியலறிஞரான வூடு என்பவர் திரவ ஆடி ஒன்றை அமைத்து இச்சிரமத்தைத் தவிர்த்தார். வாயகன்ற பாத்திரம் ஒன்றில் பாதரசத்தைச் சுழற்றி குற்றங்குறையற்ற



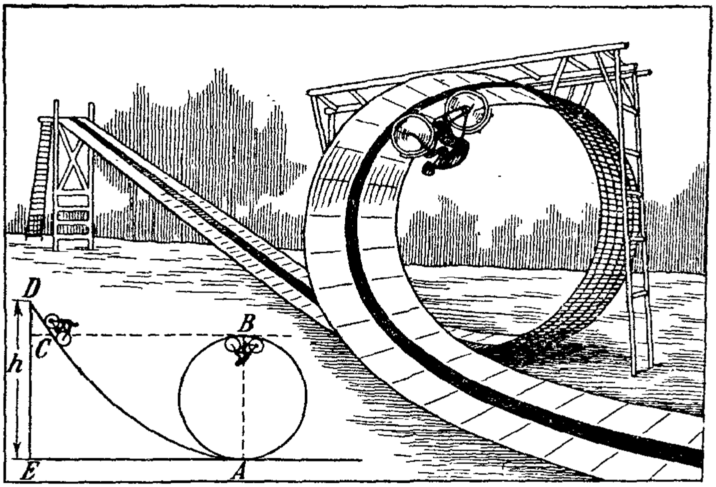
படம் 39. தொலைநோக்கியின் திரவ ஆடி.

சிறந்த பரவளையப் பரப்பு ஒன்றை உண்டாக்கினர். பாதரசம் நன்றாய் ஒளியைப் பிரதிபலிக்கச் செய்வதால் இப்பரப்பு சிறந்த ஆடியாய்ச் செயல்படுகிறது. படம் 39 ஆழமில்லாத அகழியில் வூடு அமைத்த தொலைநோக்கியின் சித்திரத்தைக் காண்பிக்கிறது. பாதரசம் இருக்கும் பாத்திரத்தைச் சுழற்றுவதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் பெல்ட்டையையும் வூடினுடைய முகத்தின் பிம்பத்தையும் படத்தில் காணலாம். எனினும், இத்தொலைநோக்கியில் குறைபாடும் உண்டு. சிறு குலுக்கல்கூட திரவ ஆடியின் மேற்பரப்பில் சுருக்கங்களை உண்டாக்கி, பிம்பத்தின் வடிவத்தைக் கோணலாக்கிவிடு கிறது. மிக எளியதாய் அமைந்து சிறப்பு மிக்கதாய்த் தோன் றினாலும் வூடின் பாதரசத் தொலைநோக்கி நடைமுறையில் வெற்றி காணவில்லை. அதைக் கண்டுபிடித்தவரும் சரி, அவர் காலத்திய பிற பௌதிகவியலாளர்களும் சரி அதைப் பற்றிப் பெரிதாகக் கருதவில்லை.

வளையத்தில் வட்டமிடுதல்

கிறுகிறுக்க வைக்கும் சைக்கிள் வித்தையை சர்க்கஸில் பார்த்திருப்பீர்கள். சைக்கிளோட்டி ஒரு வளையத்தின் மேற் பகுதியில் தலைகீழாகச் சைக்கிள் விட்டுச் செல்கிறன். படம் 40 இவ்வித்தையை விளக்குகிறது. சைக்கிளோட்டி சாய்தளப் பாதையில் வேகமாக ஓட்டி வந்து, விரைவாக மேலே ஏறி, தலைகீழாக ஒரு முழு வட்டமடித்துவிட்டு, மீண்டும் பத்திரமாகத் தரைக்கு வந்துவிடுகிறன். (இந்தத் துணிகர வித்தை ''டியாபலோ'' ஜான்ஸன், ''மெபீஸ்டோ'' நுஆ ஸேட் என்னும் இரு சர்க்கஸ் ஆட்டக்காரர்களால் ஒரே சம யத்தில் 1902இல் முதன்முதல் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.)

மூளையைக் குழப்பும் இந்த சைக்கிள் வித்தை சர்க்கஸ் சாகசங்களுக்கு முத்தாய்ப்பாய்க் கருதப்படுவதாகும். திகைப் புற்ற மக்கள் இந்த சைக்கிளோட்டி கீழே விழுந்து கழுத்தை ஒடித்துக் கொள்ளாமலிருப்பதைத் தடுப்பதன் இரகசியம் என்னவென வியப்படைகின்றனர். எதையும் சந்தேகிப்பவர் கள் இதில் ஏதோ தந்திரமான சூது இருப்பதாக ஐயப்படு கின்றனர். ஆனல், உண்மையில், இதில் இயற்கைக்குப் புறம்



படம் 40. வளையத்தில் வட்டமிடுதல். கீழே இடம்: கணக்கீட்டு விளக்கப்படம்.

பானது எதுவுமே இல்லை. இயந்திரவியல் மூலம் இதற்கு விளக்கம் தரலாம். அதே பாதையில் உருண்டுவரும் ஒரு பில்லியர்ட் பந்துகூட சைக்கிளோட்டியைப் போன்றே இந்த வித்தையைச் செய்து காட்டும். பள்ளிப் பௌதிகவியல் ஆய்வுக் கூடங்களில் இது போன்ற விளையாட்டு அமைப்புகள் இருக்கக் காணலாம்.

இந்த அமைப்பு முற்றிலும் உறுதியான நிலையில் இருக்கிறதா என்பதைச் சோதித்துப் பார்ப்பதற்கு, புகழ் பெற்ற சைக்கிள் வித்தைக்காரர் ''மெபீஸ்டோ'' தமது எடை, சைக்கிளின் எடை ஆகியவற்றின் மொத்தத்திற்குச் சமமான எடையுள்ள இரும்புக் குண்டு ஒன்றை முதலில் உருட்டிவிடுவார்; எல்லாம் சரியாக இருந்தால்தான் அவர் இவ்வித்தையைச் செய்ய முற்படுவார்.

நீருள்ள சுழலும் வாளியைக் கொண்டு நாம் செய்த பரிசோதனையின் கோட்பாட்டையே இந்த சைக்கிள் வித்தையும் அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது என்பதை இதற்குள் நீங்கள் ஊகித்துக் கொண்டிருப்பீர்கள். வளையத்தின் உச்சியில் அபாயமான இடத்தைப் பத்திரமாகத் தாண்டிச் செல்வதற்கு

சைக்கிளோட்டி போதிய அளவு வேகத்தை ஏற்படுத்திக் கொள்ள வேண்டும். இவ்வேகத்தின் அளவு சைக்கிளோட்டி புறப்படும் உயரத்தைப் பொறுத்திருப்பதாகும். குறைந்த பட்சம் இருக்க வேண்டிய வேகத்தின் அளவு வளையத்தின் ஆரத்தைச் சார்ந்துள்ளது. இதனுல்தான், இவ்வித்தை சில நேரங்களில் சரியாக அமைவதில்லை. சைக்கிளோட்டி புறப் படும் இடத்தின் உயரத்தைத் திட்டமாகக் கணக்கிட வேண்டும்; இல்லாவிட்டால், அவன் கீழே விழுந்து கழுத்தை முறித்துக் கொள்ள நேரிடும்.

சர்க்கஸ் கணக்கு

சாரமற்ற சூத்திரங்களை அடுக்கிச் சென்ருல் பௌதிக வியலன்பர்கள் சிலர் மிரண்டுவிடுவார்கள் என்பது எனக்குத் தெரியும். ஆனுல் கணிதத்தை விட்டொழிக்கும் இவர்கள், நிகழ்ச்சிகளை முன்னறிந்து கூறுவதிலும் அந்நிகழ்ச்சிகளுக்குத் தேவையான நிபந்தனைகளைக் கணக்கிட்டு அறிவதிலுமுள்ள இன்பத்தை இழந்துவிடுகின்றனர். மேலே குறிப்பிட்ட நமது பிரச்சினையைப் பொறுத்தவரை, ''வளையத்தில் வட்டமிடு தல்'' போன்ற துணிகர வித்தையை வெற்றிகரமாய்ச் செய் வதற்கு அவசியமாயிருக்கும் நிபந்தனைகளைப் போதிய அள விற்குத் திட்டமாகவே கணக்கிடுவதற்கு இரண்டொரு சூத் திரங்களே போதும்.

அவை கீழே தரப்பட்டுள்ளன. ஆயினும், முதலில், நாம் கவனிக்க வேண்டிய மதிப்புக்களைத் குறியீடுகளினுல் குறிப் பிடுவோம். சைக்கிளோட்டி புறப்படும் உயரம் h என்றும், வளையத்தின் உச்சிக்கு மேற்பட்டுள்ள hஇன் பகுதி x என்றும் (படம் 40இலிருந்து $x=h-AB$ என்பது தெரிகிறது), வளையத்தின் ஆரம் r என்றும், சைக்கிளோட்டி, அவன் ஓட்டும் சைக்கிள் இரண்டின் மொத்தப் நிறை m என்றும் (அவற்றின் எடை mg ஆகும்; இதில், ஈர்ப்பு வளர்வேகத்தைக் குறிக்கும் ஐயின் மதிப்பு 9.8 மீட்டர்/விநுடி^{2}), இறுதியாக, வளையத்தின் உச்சியில் சைக்கிளோட் டியின் வேகம் v என்றும் வைத்துக் கொள்ளலாம்.

இம்மதிப்புக்கள் அனைத்தினின்றும் நமக்கு இரண்டு சமன் பாடுகள் கிடைக்கின்றன:

1) B (படம் 40இன் அடிப்பகுதியில் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பது) குறிக்கும் மட்டத்திலேயே இருக்கும் சாய்தளப் பாதையிலுள்ள C என்னும் குறிப்பிட்ட ஓர் இடத்தில் சைக்கிளுக்கிருக்கும் வேகம், வளையத்தின் உச்சியிலுள்ள B என்னும் இடத்தில் அதற்கு இருக்கும் வேகத்திற்குச் சமமாயிருக்கும் என்பது இயந்திரவியலிலிருந்து நமக்குத் தெரியும். (சைக்கிள் சக்கரங்களின் சுழலும் விளிம்பு வளையங்களின் ஆற்றல் இறுதி விளைவைக் குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்குப் பாதிக்கப் போவதில்லை ஆதலால், அதை நாம் புறக்கணித்து விடலாம்— உங்களுக்குப் பௌதிகம் தெரியுமா? என்னும் எனது நூலைப் பார்க்கவும்.) எனவே, C என்னும் இடத்தில் சைக்கிளுக்கிருக்கும் வேகமாகிய $v = \sqrt{2gx}$ அல்லது $v^2 = 2gx$ என்றாகிறது. ஆகவே B என்னும் இடத்தில் சைக்கிளோட்டியின் வேகமான $v, \sqrt{2gx}$ க்குச் சமம்; அதாவது, $v^2 = 2gx$.

2) B என்னும் இடத்தை சைக்கிளோட்டி அடைந்தவுடன் அவன் கீழே விழுவதைத் தடுப்பதற்கு, மைய விலகு வளர் வேகம் ஈர்ப்பு வளர்வேகத்தைவிட அதிகமாயிருக்க வேண்டும்; அதாவது, $\frac{v^2}{r} > g$; $v^2 > gr$; $v^2 = 2gx$ என்பது நமக்குத் தெரியும். அதலால் $2gx > gr$, அல்லது $x > \frac{r}{2}$.

எனவே, திகைப்பூட்டும் இந்த வித்தையைச் செய்வதற்கு, சாய்தளப் பாதையின் மேற்பகுதி, வளையத்தின் உச்சியை விட அதன் ஆரத்தில் பாதி அளவிற்குமேல் உயரமாயிருக்க வேண்டும். பாதை சாய்ந்திருக்கும் கோணத்தின் அளவு முக்கியமில்லை. முக்கியமானது என்னவென்றால், புறப்படும் இடம் வளையத்தின் உச்சியைவிட, வளையத்தின் விட்டத்தில் கால் பங்கு அளவுக்கு மேல் அதிக உயரத்தில் இருக்க வேண்டும். சைக்கிளின்மீது ஏற்படும் உராய்வின் விளைவையும் புறக்கணித்துவிட்டோம் என்பதைக் கவனிக்கவும், C, B என்னும் இடங்களில் உள்ள வேகங்களின் அளவு ஒன்றே என்று வைத்துக் கொள்ளுங்கள். அக்காரணத்தினால் பாதையை அதிக நீளமுள்ளதாகவோ, அல்லது சாய்வுக் குறைவான தாகவோ செய்துவிடக்கூடாது; ஏனெனில் அப்போது உராய்வு

காரணமாக, B என்னும் இடத்தை சைக்கிள் அடையும் போது அதற்கிருக்கும் வேகம், C என்னும் இடத்தில் அதற்குள்ள வேகத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும். 16 மீட்டர் விட்டமுள்ள வளையத்தில் வட்டமிடுவதற்கு சைக்கிளோட்டி குறைந்த பட்சம் 20 மீட்டர் உயரத்திலிருந்தாவது கிளம்ப வேண்டும். அவ்வாறு செய்யாவிட்டால், அவனால் வளையத்தில் வட்டமிட முடியாது; உச்சியை அடைவதற்கு முன்பே அவன் கீழே விழுந்துவிடுவான்.

மேலும், இந்த வித்தையைச் செய்வதற்கு சைக்கிளோட்டி சைக்கிளின் பெடல் பாகத்தை அமுக்கி இயக்குவதில்லை என்பதையும், சைக்கிள் தானாகவே உந்தம்* பெறச் செய்யும்படி விட்டுவிடப்படுகிறது என்பதையும் கவனிக்கவும். அவன் தனது இயக்கத்தின் வேகத்தைக் கூடும்படியோ குறையும் படியோ செய்யக்கூடாது. அவன் செய்யவேண்டியதெல்லாம், பாதையின் நடுவிலேயே சைக்கிள் செல்லும்படிப் பார்த்துக் கொள்வதுதான்; ஏனெனில் அதனின்றும் சற்றே விலகினாலும் அவன் தூக்கி எறியப்பட்டுவிடுவான். வளையத்தில் வட்டமிடும்போது அவனது வேகம் அதிகமாயிருக்கும். 16 மீட்டர் விட்டமுள்ள வளையத்தை மூன்றே விநாடிகளில் அவன் சுற்றி வந்துவிடுவான்—மணிக்கு 60 கிலோமீட்டர் வேகத்திற்குச் சமமானதாகும் இது! அத்தகைய கடும் வேகத்துடன் செல்லும் சைக்கிளை ஓட்டிச் செல்வது மிகவும் கடினமானதே. உண்மையில், சைக்கிளோட்டி இதைப் பற்றிக் கவலைப்பட வேண்டியதில்லை. இயந்திரவியல் விதிகளை அவன் நம்பலாம். சைக்கிள் ஓட்டுவதைத் தொழிலாகக் கொண்டவர் ஒருவர் தமது சிறு புத்தகம் ஒன்றில் பின்வருமாறு எழுதியிருக்கின்றார்: ''இந்தத் துணிகர சைக்கிள் வித்தைக்கான ஏற்பாடு வலுவுள்ளதாகவும், சரியாகத் திட்டமிட்டு அமைக்கப்பட்டதாகவும் இருந்துவிட்டால், அதனால் ஆபத்து எதுவும் ஏற்படாது. ஆபத்து எதுவும் ஏற்படுவதாயிருந்தால் அதற்கு சைக்கிளோட்டியே காரணமாவான். அவனுடைய கைகள் நடுங்கும்போதும், அவன் பதற்றமுற்று நிதானத்தை

---

* ஒரு பொருளின் நிறை, வேகம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகை. ஆங்கிலத்தில் இது ''மோமெண்டம்'' எனப்படுகிறது.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

இழக்கையிலும், திடீரென்று அவனுக்குக் கிறுகிறுப்பு ஏற்படும் போதும் எதுவும் நேரக் கூடும்.''

புகழ்பெற்ற ''நேஸ்திரோவ் வளையம்'' எனப்படுவதும், மற்றும், ஆகாயத்தில் செய்யப்படும் துணிகர விமான விளையாட்டுகளும் இதே கோட்பாட்டையே அடிப்படையாகக் கொண்டிருப்பவை. ஆகாயத்தில் ''வளையத்தில் வட்டமிடுதலில்'' முக்கியமாக இருப்பவை விமானியின் சாமர்த்தியமான ஓட்டும் திறமையும், போதிய அளவுத் துவக்க வேகம் இருப்பதுமே ஆகும்.

''குறைவான எடை''

கிறுக்கன் ஒருவன், வாடிக்கைக்காரர்களை ஏமாற்றுமலே எவ்வாறு ''குறைவான எடை'' போடுவதென்பது தனக்குத் தெரியும் என்று கூறினுன். அவனது எண்ணம் என்னவென்ருல், பூமத்தியரேகைப் பிரதேசத்தில் பண்டங்களை வாங்கி, துருவங்களுக்கு அருகிலுள்ள பகுதிகளில் அவற்றை விற்பது என்பதுதான். துருவங்களைவிடப் பூமத்தியரேகையில் பண்டங்கள் எடை குறைவாயிருக்கும் என்பது நெடுங்காலமாகவே தெரிந்த ஒன்ருகும். பூமத்தியரேகையில் ஒரு கிலோகிராம் எடையுள்ள பண்டம் துருவங்களில் 5 கிராம் அதிகமாயிருக்கும். ஆனுல், சாதாரணமாகக் காணப்படும் இரு தட்டுத் தராசை உபயோகிக்காது, சுருள்வில் தராசையே பயன்படுத்த வேண்டும்; மேலும், அச்சுருள்வில் தராசு கூடப் பூமத்தியரேகையில் தயாரிக்கப்பட்டதாய் அதாவது நிர்ணயிக்கப்பட்ட அளவுகளையுடையதாய் இருக்கவேண்டும். இல்லாவிட்டால், அதனுல் சாதகம் எதுவும் கிடைக்காது; ஏனெனில் பண்டத்தின் எடை அதிகமாகும்போது, நிறுப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் எடைக் கற்களின் எடையும் அதிகமாகும்.

இம்முறையில் வாணிபம் செய்து ஒருவன் செல்வம் திரட்டிவிட முடியும் என்று நான் நம்பவில்லை, எனினும் கிறுக்கன் கூறியது சரியே. பூமத்தியரேகையிலிருந்து அப்பால் செல்லச் செல்ல, ஈர்ப்பும் உண்மையாகவே அதிகரிக்கிறது. இது ஏன் நிகழ்கிறது என்ருல், பூமியின் சுழற்சி காரணமாக, பூமத்திதரேகையிலுள்ள பண்டங்கள் அதிகபட்ச அளவிற்குப் பெரிதாயுள்ள வட்டங்களில் சுற்றுகின்றன. தவிரவும்,

பூமத்தியரேகையில் பூமி சற்று உப்பினாற் போல் இருப்பதும் ஒரு காரணமாகும். ஆயினும், ''இக்குறைவான எடைக்குப்'' பிரதான காரணம் சுழற்சியே ஆகும். இதனால்தான், ஒரு பொருளின் எடை துருவங்களில் இருப்பதைவிடப் பூமத்திய ரேகையில் 1/290 பங்கு குறைவாக இருக்கிறது.

ஓர் அட்சரேகையிலிருந்து மற்றோர் அட்சரேகைக்கு இலேசான ஒரு பொருளை மாற்றும்போது அதன் எடையில் ஏற்படும் வித்தியாசம் புறக்கணிக்கக்கூடிய அளவிற்குக் குறை வாயிருக்கிறது; ஆனால் மிகவும் பளுவான பொருள்களைப் பொறுத்தவரை, இவ்வித்தியாசம் சற்றுக் கணிசமாகவே இருக்கும். மாஸ்கோவில் 60 டன் எடையுள்ள ஒரு ரயில் வண்டி அர்காங்கெல்ஸ்கை அடையும்போது 60 கிலோகிராம் அதிக கனமுள்ளதாகவும் , ஒதேஸ்ஸாவை அடையும் போது 60 கிலோகிராம் அளவிற்குக் குறைந்ததாகவும் ஆவது உங் களுக்குத் தெரியாது என்று எண்ணுகிறேன். ஒரு சமயம், ஷ்பிட்ஸ்பெர்கன் தீவிலிருந்து தென்பகுதித் துறைமுகங் களுக்கு ஆண்டுதோறும் 3,00,000 டன் நிலக்கரி ஏற்றுமதி யாகி வந்தது. இவ்வளவு நிலக்கரியும் பூமத்தியரேகைப் பகுதியிலுள்ள துறைமுகம் ஒன்றிற்கு அனுப்பப்பட்டிருந் தால் 1,200 டன் குறைவாக இருப்பதாகக் காணப்பட்டிருக் கும்—ஆனால், இதற்கு ஷ்பிட்ஸ்பெர்கனிலிருந்தே கொண்டு வரப்பட்ட ஒரு சுருள்வில் தராசைக் கொண்டு நிலக்கரி மீண்டும் எடை போடப்பட்டிருக்க வேண்டும். அர்காங் கெல்ஸ்கில் 20,000 டன் எடையுள்ள போர்க்கப்பல் ஒன்று பூ மத்தியக் கடற்பகுதிகளில் 80 டன் குறைந்த எடை உள்ளதா யிருக்கும். எனினும், இதை நாம் கவனிப்பதில்லை; ஏனெ னில், கடல் நீர் உள்பட ஏனைய அனைத்துமே அதற்கேற்ப இலேசாகிவிடுகின்றன. (நிற்க, ஆர்க்டிக் கடலிலும் சரி, பூமத்தியரேகைப் பகுதியிலும் சரி, கப்பல் அகற்றும் நீரின் அளவு சமமாயிருப்பது இதனால்தான்; கப்பல் இலேசாக ஆகிவிடினும், அது அகற்றும் நீரும் அதே அளவுக்கு இலேசாகி விடுகிறது.)

இப்போது சுழலுவதைவிடப் பூமி அதிக வேகத்துடன் சுழலுமேயானால்—அதாவது, 24 மணி நேரம் கொண்ட நாளுக்குப் பதிலாக 4 மணி நேரமே கொண்ட நாளாக இருந் தால்—பூமத்தியரேகையிலும் துருவங்களிலுமுள்ள பொருள்

களின் எடைகளிடையே இருக்கும் வேறுபாடு மேலும் அதிகமாயிருக்கும். அப்போது, துருவங்களில் ஒரு கிலோ கிராம் எடையுள்ளது பூமத்தியரேகையில் 875 கிராம் எடையே இருக்கும். சனிக் கிரகத்தில் ஏறக்குறைய இத்தகைய நிலைதான் உள்ளது; பொருள்கள், அதன் மத்தியரேகையில் இருப்பதைவிடத் துருவங்களில் 1/6 மடங்கு அதிக எடையுள்ளனவாயிருக்கின்றன.

மைய விலகு வளர்வேகம், வேகத்தின் வர்க்கத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் அதிகரிப்பதால், இம்மைய விலகு வளர்வேகம் 290 மடங்கு அதிகமாக வேண்டுமானல், அதாவது, ஈர்ப்பு சக்தியை ஈடு செய்ய வேண்டுமானல், பூமத்தியரேகையில் பூமி எவ்வளவு வேகமாய்ச் சுழல வேண்டும் என்பதை நாம் எளிதில் கணக்கிட முடியும். இப்போது இருப்பதைப் போல் ஏறக்குறைய 17 மடங்கு அதிக வேகத்துடன் (17ஐ 17ஆல் பெருக்கினுல் நமக்குக் கிடைப்பது கிட்டத்தட்ட 290) பூமி சுழன்ருல், இந்நிலை உண்டாகும். அப்போது பொருள்கள் அழுத்தம் செலுத்தா; எனவே அவற்றுக்கு எடையே இராது. சனிக் கிரகம் இப்போது சுழலுவதை விட 2.5 மடங்கு அதிக வேகத்தில் சுழன்ருல் அங்கேயும் இந்நிலையே ஏற்படும்.

அத்தியாயம் நான்கு

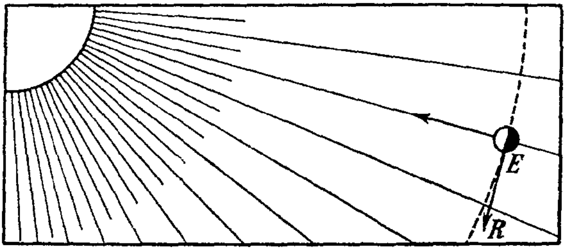
ஈர்ப்பு

ஈர்ப்பு விசை குறிப்பிடத்தக்க அளவுள்ளதா?

''பொருள்கள் கீழே தரையில் விழுவதை நாம் ஓயாமல் பார்த்துப் பழகியிராவிடில், இவை விழுவதை வியக்கத்தக்க ஒன்றுகவே கருதுவோம்'' என்று எழுதினுர், புகழ் படைத்த பிரெஞ்சு நாட்டு வானியலாளர் அராகோ. பூமிக்கு அதன் மீதுள்ள ஒவ்வொன்றின் மீதுமிருக்கும் கவர்ச்சி அல்லது ஈர்ப்பு என்பதை, நாம் பழக்கத்தின் காரணமாய் இயல்பான, சர்வசாதாரணமான ஒன்றுய் நினைக்கிறேம். ஆனுல் இதே போல பொருள்களும் ஒன்றையொன்று கவர்கின்றன என்று சொன்னுல், அதை நம்மால் சுலபமாய் நம்ப முடியவில்லை. காரணம் இந்தக் கவர்ச்சியை நாம் சாதாரணமாய்ப் பார்த்துப் பழகியிருக்கவில்லை.

ஈர்ப்பு விதி ஏன் எப்பொழுதும் கண்கூடாய்ப் புலப்படுவதில்லை? மேஜைகளோ, முலாம்பழங்களோ, ஆட்களோ பரஸ்பரம் கவருவதை நாம் ஏன் காண்பதில்லை? ஏனெனில் சிறு பொருள்களைப் பொறுத்தவரை, கவர்ச்சி விசையின் அளவு மிகவும் குறைவானது. இதோ ஒரு தெளிவான எடுத்துக் காட்டு. இரண்டு மீட்டர் இடைவெளியிலுள்ள இருவர் ஒருவரையொருவர் கவர்ந்திழுக்கவே செய்கின்றனர்; ஆனுல் செலுத்தப்படும் விசையோ நுண்ணியது; சராசரி எடையுள்ள ஆட்களுக்கு 0.01 மில்லிகிராமைவிடக் குறைவாயிருக்கிறது. இதையே வேறு விதமாய்ச் சொன்னுல், 0.00001 கிராம் எடையானது தராசுத் தட்டின் மீது செலுத்தும் அதே அளவு விசையுடன்தான் ஒருவரை ஒருவர் கவர்ந்திழுத்துக் கொள்கின்றனர். அத்தகைய நுண்ணிய எடையைச் சோதனைக்கூடங்

களில் விஞ்ஞானிகள் பயன்படுத்தும் நுட்பமான தராசுகளி லுல்தான் பதிவு செய்ய முடியும். நமது பாதங்களுக்கும் தரைக்குமிடையேயுள்ள உராய்விஞல் செயலற்றதாகச் செய் யப்படும் இந்த விசை நம்மைப் பாதிப்பதேயில்லை என்பது சொல்லாமலே விளங்கும். மரத்திஞலான தரையின் மீது நின்று கொண்டிருக்கும் ஆளைத் தள்ளுவதற்கு — மரத்திற் கும் அவனுடைய பாதங்களுக்கும் இடையேயுள்ள உராய்வு அவனது எடையில் 30 சதவீதம் ஆகும்—குறைந்தபட்சம்20 கிலோகிராம் விசையையாவது செலுத்த வேண்டும். அதை மில்லிகிராமில் நூற்றில் ஒரு பங்குள்ள இழுப்பு விசையோடு ஒப்பிடுவதே கேலிக்குரியதாகும். ஒரு மில்லிகிராம் என்பது ஒரு கிராமில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு; ஒரு கிராம் என்பது ஒரு கிலோகிராமில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு; எனவே, 0.01 மில்லி கிராம் என்பது, ஓர் ஆளைக் கவர்ந்திழுப்பதற்குத் தேவையான விசையில் நூறு கோடியில் ஒரு பங்கில் சரிபாதியாகும்! சாதா ரண நிலைமைகளில் பொருள்களுக்கிடையேயுள்ள பரஸ்பரக் கவர்ச்சியை நாம் கவனிக்காமல் விடுவதில் வியப்பு ஏதுமில்லை!



படம் 41. சூரியனின் கவர்ச்சி பூமியின் (E) செல் பாதையை வளையச் செய்கிறது. சடத்துவ மானது ER என்னும் தொடுகோட்டுத் திசையில் பூமியை நேராகச் செல்ல வைக்க முற்படும்.

ஆனுல், உராய்வு இல்லை என்ருல், மிகப் பலவீனமான இழுப்பு விசைகூடப் பொருள்களைத் தடை ஏதுமின்றி நெருங்கி வரச் செய்துவிடும். 0.01 மில்லிகிராம் கவர்ச்சி விசை என்பதான நமது எடுத்துக்காட்டில் இரண்டு ஆட்களும் ஒரு வரை ஒருவர் நெருங்கி வரும் வேகம் புறக்கணிக்கத்

தக்கதாகவே இருக்கும். உராய்வு இல்லாதபோது, இரண்டு மீட்டர் இடைவெளியில் இருக்கும் இரு ஆட்கள் முதல் மணியில் 3 செ. மீ. அளவிற்கும், இரண்டாவது மணியில் 9 செ. மீ. அளவிற்கும், மூன்ருவது மணியில் 15 செ. மீ. அளவிற்கும் நெருங்கி வருவர்; வேகம் அதிகமாக ஆக, இருவரும் மேலும் மேலும் அதிகமாய் நெருங்கி வருகின்றனர். இருப்பினும் இருவரும் ஒருவரை ஒருவர் நெருங்கிச் சேருவதற்கு மேலும் ஐந்து மணி நேரம் ஆகும்.

உராய்வினுல் தடைகள் ஏற்படாதபோது, அதாவது நிலைப்பு நிலையில் இருக்கும் பொருள்களைப் பொறுத்தவரை ஈர்ப்பு வெளிப்படையாகத் தெரிகிறது. நூலினுல் கட்டித் தொங்க விடப்பட்டிருக்கும் எடை ஒன்றின் மீது செயல்பட்டு, அவ்வெடையை நேர்க்குத்தாகக் கீழ்நோக்கி இருக்கும்படி செய்கின்றது. ஆயினும், மிக அதிக நிறையுடன் கூடிய ஒரு பொருள் அருகில் இருக்க நேர்ந்தால், அது இந்தச் சிறிய எடையைத் தன் பக்கமாக இழுத்து, நூல் நேர்க்குத்திலிருந்து சற்று விலகி, ஈர்ப்பு விசை, பெருநிறைப் பொருளின் இழுப்பு விசை ஆகியவற்றின் தொகுபயனுடைய திசையில் இருக்கும்படிச் செய்கிறது. மாஸ்கெலேன் என்பவர் ஸ்காட்லாந்தில் பெரியதொரு மலையின் அருகில் 1775இல் இதை முதன்முதலில் கவனித்தார். மலையின் இரு பக்கங்களிலும் வான் துருவத்* திசையிலிருந்து தூக்குக் குண்டின் ஒதுக்கங்களை அவர் ஒப்பிட்டார். தனிப்பட அமைக்கப்பெற்ற தராசுகளின் துணை கொண்டு மேலும் விரிவாக நடத்தப்பட்ட பரிசோதனைகளினுல் விஞ்ஞானிகள் ஈர்ப்பு விசையைத் திட்டமாக அளவிடுவது சாத்தியமாயிற்று.

சிறு நிறைகளுக்கு இடையேயுள்ள கவர்ச்சி புறக்கணித்து விடக் கூடிய அளவிற்குக் குறைவானது. பொருள்களின் நிறை

---

* காண்பவன் மையத்திலும், உட்பரப்பின் மீது வானில் தென்படும் கிரகங்கள், நட்சத்திரங்கள் முதலிய விண்கோள்கள் அமைந்திருப்பது போலும் உள்ள ஒரு கற்பனைக் கோளம் 'வான் கோளம்' எனப்படுகிறது. அதன் அச்சு பூமியினது அச்சிற்கு இணையாக இருக்கும். வான் கோளத்தின் அச்சை இரு புறமும் நீட்டினுல், அது வான் கோளத்தின் மேற்பரப்பைத் தொடும் இடங்கள் வான் துருவங்கள் எனப்படுகின்றன.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

கள் அதிகரிக்கும்போது கவர்ச்சியும் அதற்கேற்ப, அவற்றின் பெருக்குத் தொகைக்கு நேர்விகிதத்தில் அதிகரிக்கின்றது. ஆனல், பலர் இந்தக் கவர்ச்சி விசையை மிகைப்படுத்த முற்படுகின்றனர். கடலில் கப்பல்களுக்கிடையே காணப்படும் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி, ஈர்ப்பினுல்தான் ஏற்படுகிறது என்று விஞ்ஞானி ஒருவர்—இவர் ஒரு பௌதிகவியலாளர் அல்லர், விலங்கியலாளரே ஆவார்—என்னிடம் உறுதிப்படுத்த முயன்முர். ஈர்ப்புக்கு இதில் பங்கே இல்லை என்பதை ஒரு கணக்கீட்டின் மூலம் எளிதில் தெளிவுபடுத்தலாம். 25,000 டன் எடையுள்ள இரு போர்க் கப்பல்கள் 100 மீட்டர் இடைவெளியில் இருக்கும்போது 400 கிராம் விசையோடுதான் ஒன்றையொன்று கவர்ந்திழுக்கும். இரு கப்பல்களையும் நகரச் செய்வதற்கு இது மிகக் குறைவான விசை. கப்பல்களுக்கிடையே காணப்படும் எளிதில் விளங்காத இக்கவர்ச்சியின் உண்மையான காரணத்தை அடுத்துவரும் அத்தியாயம் ஒன்றில்—திரவங்களின் சிறப்பியல்புகளைப் பற்றிய அத்தியாயத்தில் —விளக்குவோம்.

சிறிய நிறைகளைப் பொறுத்தவரை புறக்கணிக்கத் தக்கதாக இருந்தாலும், வானில் காணப்படும் பிரம்மாண்டமான விண்கோள்களின் பிரம்மாண்டமான நிறைகளை எடுத்துக் கொண்டால், கவர்ச்சி விசை கணிசமான அளவுள்ள விசையாகிவிடுகிறது. சூரிய மண்டலத்தின் வெளிவிளிம்பிலே இருக்கும் தொலைவான நெப்டியூன் கிரகம்கூட 180 லட்சம் டன் விசையுடன் பூமியைத் தன்பால் இழுக்கிறது. நமக்கும் சூரியனுக்குமிடையே மாபெரும் தொலைவு இருப்பினும், பூமியை அதன் சுழற்பாதையிலிருந்து விலகிவிடாமல் இழுப்பது கவர்ச்சியே ஆகும். சூரியனுடைய இந்தக் கவர்ச்சி விசை இல்லாமற் போகுமாயின், பூமி தனது சுழற்பாதையின் தொடுகோட்டுத் திசையில் பாய்ந்து சென்று முடிவில்லாத வானவெளியினுள் ஓடிவிடும்.

சூரியனுடன் பூமியை வடமிட்டு இணைத்தல்

சூரியனின் வலுமிக்க கவர்ச்சி மறைந்துவிட்டதாகவும், விண்வெளியின் இருண்ட தொலைதூரப் பகுதிகளினுள் நமது பூமி ஓடி மறைந்துவிடும் பயங்கர நிலை ஏற்படவிருப்பதாகவும்

7 — 552

கற்பனை செய்து கொள்வோம். இந்தப் பயங்கரத்தைத் தவிர்ப்பதற்காக இஞ்சினியர்கள் ஒரு வழி காண்பதாய் நினைத்துக் கொள்வோம். சூரியனைச் சுற்றிவரும் சுழற்பாதையிலிருந்து விலக முடியாதபடி இருத்தும் பொருட்டு கண்ணுக்குப் புலப்படாத ஈர்ப்பு வடத்துக்குப் பதிலாய் உறுதி மிக்க உருக்கு வடம் அமைக்க அவர்கள் திட்டமிடுவதாய் வைத்துக் கொள்வோம். ஒரு சதுர மில்லிமீட்டருக்கு 100 கிலோ கிராம் இழுப்பு விசையைத் தாங்கக் கூடிய உருக்கைவிட வலுவானது இருக்க முடியுமா? 5 மீட்டர் குறுக்களவுள்ள உருக்குத் தூண் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்ளுங்கள். அதன் குறுக்கு வெட்டின் பரப்பு இரண்டு கோடி (2,00,00,000) சதுர மில்லிமீட்டர் இருக்கும்; ஆதலால், இருபது லட்சம் (20,00,000) டன் எடை அத்தூணின்மீது செயல்பட்டால் தான் அது உடைந்துபோகும். அடுத்து, இத்தகைய தூண் ஒன்று பூமியிலிருந்து சூரியன் வரை நீண்டிருப்பதாகவும், இரு நுனிகளிலும் அது உறுதியாகக் கட்டப்பட்டிருப்பதாகவும் வைத்துக் கொள்ளுங்கள். பூமியை அதன் சுழற்பாதையிலே வைத்துக் கொள்வதற்கு இத்தகைய தூண்கள் எத்தனை வேண்டியிருக்கும், தெரியுமா? ஒரு லட்சம் கோடி! கண்டங்களின்மீதும் கடல்களின்மீதும் நிற்கும் இந்த உருக்குத் தூண்கள் எவ்வளவு நெருக்கமாயிருக்க வேண்டும் தெரியுமா? சூரியனை நோக்கியுள்ள பூமியின் பக்கத்தில் அவற்றைச் சீராகப் பரப்பினுல், இரு தூண்களுக்கிடையேயுள்ள இடைவெளி தூணின் பருமனைவிட அதிகமாயிராது—அவ்வளவு நெருக்கமாய் இத்தூண்களை வைத்து வடம் அமைக்க வேண்டும். இத்தனைத் தூண்களையும் உடைப்பதற்கு எவ்வளவு விசை தேவைப்படும் என்பதை எண்ணிப்பார்த்தால், சூரியனை நோக்கிப் பூமியை இழுக்கும் கண்ணுக்குப் புலப்படாத இந்த ஈர்ப்பு விசை எவ்வளவு பிரம்மாண்டமானது என்பதை உணரலாம்.

இம்மகத்தான விசையானது பூமியின் சுழற்பாதையை ஒவ்வொரு விஞடியிலும் தொடுகோட்டுப் பாதையிலிருந்து 3 மி. மீ. அளவிற்குத் திருப்பி, அதை வளையச் செய்கிறது. பூமி நீள்வட்டவடிவச் சுழற்பாதையில் செல்வதற்கு இதுவே தான் காரணம். ஒவ்வொரு விஞடியும் 3 மி. மீ. அளவிற்கு —அச்சடிக்கப்பட்ட இந்த வரி ஒன்றின் உயரத்திற்கு—

பூமியை நகர்த்துவதற்கு இவ்வளவு பிரம்மாண்டமான விசை தேவைப்படுவதை நினைக்க நினைக்க அதிசயமாய் இருக்கிறது அல்லவா? இந்தப் பிரம்மாண்ட விசை ஒரு விஞடியில் பூமியை 3 மி. மீ. அளவிற்கே நகர்த்த முடிகிறது என்ருல், பூமியின் நிறை எவ்வளவு பிரம்மாண்டமானது!

ஈர்ப்பு விசையிலிருந்து நாம் விடுபட முடியுமா?

பூமிக்கும் சூரியனுக்குமிடையே பரஸ்பரக் கவர்ச்சி இல்லாமற் போனுல் என்ன நேரும் என்பதை மேலே பார்த்தோம். அப்படி நேருமாயின் பூமியானது கண்ணுக்குப் புலப்படாத கவர்ச்சிக் கட்டுத் தறிகளை முறித்துக் கொண்டு, அகிலத்தின் தொலைவெளிப் பகுதிகளுள் பாய்ந்தோடிவிடும் என்று கூறினேன். ஈர்ப்பு விசை திடீரென மறைந்துவிட்டால், பூமியின் மீதிருக்கும் நமக்கும் நம்மைச் சுற்றியுள்ள ஒவ்வொன்றுக்கும் என்ன நேரும்? நம்மைக் கீழே இறுக்கிப் பிடித்து வைத்துக்கொள்ள எதுவும் இராது; எனவே இலேசாகத் தள்ளப்பட்டாலும்கூட நாம் விண்வெளியில் படுவேகத்துடன் செல்வோம். உண்மையில், தள்ளக்கூட வேண்டியதில்லை; ஏனெனில் பூமியின் சுழற்சியே, பூமியோடு பலவீனமாகப் பிணைந்துள்ள ஒவ்வொரு பொருளையும் வானவெளியில் வேகமாக எறிவதற்குப் போதுமானதாயிருக்கும்.

இதை எச். ஜி. வெல்ஸ் தமது **சந்திரனில் முதல் மனிதர்கள்** என்னும் நாவலில் மையக் கருத்தாக எடுத்துக்கொண்டார். சந்திரனுக்குச் செல்லும் விஞேதமானதொரு பயணத்தை அவர் இந்நாவலில் விவரிக்கிருர். ஒரு கிரகத்திலிருந்து இன்னெரு கிரகத்திற்குச் செல்வதற்கு மிகவும் புதுமையான, சாமர்த்தியமான ஒரு வழியை எடுத்துரைக்கிருர். வெல்ஸின் கதையில் வரும் பிரதான பாத்திரம், ஈர்ப்பு விசைகளால் பாதிக்கப்படாத விசித்திரமான இயல்புள்ள ஒரு சேர்மத்தைக் கண்டுபிடித்த ஒரு விஞ்ஞானி. இச்சேர்மத்தாலான தடுக்கு ஒன்றை பூமிக்கும் ஒரு பொருளுக்குமிடையே வைத்தால், பூமியின் இழுப்பு விசை செயலற்று மறைந்து போய், அப்பொருள் பிற பொருள்களினுல் உடனே கவரப்படுகிறது.

இந்தச் சேர்மத்துக்கு, அதைக் கண்டுபிடித்தவரின் பெயரை ஒட்டி கேவரைட் என்று வெல்ஸ் பெயரிடுகிறார்.

''எல்லாப் பொருள்களும் ஈர்ப்பு விசைக்கு உட்பட்டவையே என்பது அனைவருக்கும் தெரிந்ததே. பலவகைத் தடுக்குகளைப் பயன்படுத்தி, ஒளியோ, வெப்பமோ, சூரியனின் மின்விசையோ, பூமியின் கதகதப்போ எதன் மீதும் செயல்படாதவாறு தடுத்துவிட முடியும். உலோகத்தினாலான தகடுகளினால் மார்க்கோனி கதிர்களிலிருந்தும் பொருள்களை மறைத்துவிட முடியும். ஆனால், சூரியனின் ஈர்ப்புக் கவர்ச்சியையோ, பூமியின் ஈர்ப்புக் கவர்ச்சியையோ, எதுவும் தடுப்பதில்லை. ஆயினும், அத்தகைய பொருள் ஏன் இருக்கக் கூடாது? அது இருக்க முடியும் என்றே கேவர் நினைத்தார்... ஈர்ப்பு புக முடியாத இப்பொருளைத் தானே உற்பத்தி செய்ய முடியுமென எண்ணினார்....

''இத்தகைய பொருளினால் கிடைக்கக் கூடிய அபார வாய்ப்புகளைக் கற்பனை ஆற்றல் இம்மியளவு இருப்போராலுங்கூட புரிந்து கொள்ள முடியும்.... எடுத்துக்காட்டாக, எவ்வளவு பெரிய பளுவாயினும், இப்பொருளினாலாகிய தகடு ஒன்றை அப்பளுவின் கீழ் வைத்துவிட்டால், ஒரு வைக்கோல் துரும்பினால்கூட அதைத் தூக்கிவிடலாம்.''

விந்தைமிகு இந்தச் சேர்மத்தைப் பயன்படுத்தி, கேவரும் அவனுடைய நண்பரும் விண்வெளிக் கப்பல் ஒன்றில் சந்திரனுக்குச் செல்லும் துணிகரப் பயணத்தை மேற்கொண்டனர். அவர்களுடைய வாகனம் மிகவும் எளிமையானது. இஞ்சின் எதுவும் அதற்கும் வேண்டியிருக்கவில்லை, விண்கோள்களின் ஈர்ப்புக் கவர்ச்சியைக் கொண்டே அது இயங்கிற்று. அவ்விண்வெளிக் கப்பலை வெல்ஸ் பின்வருமாறு விவரிக்கின்றார்:

''இரு பிரயாணிகளும் அவர்களது பயணச் சாமான்களும் இருப்பதற்குப் போதுமான கோளம் ஒன்றைக் கற்பனை செய்து கொள்ளுங்கள். உருக்கினால் செய்யப் பெற்றிருக்கும் அதன் சுவரின் பரப்பு உள்ளே தடிமனான கண்ணாடியினால் வேயப்பட்டிருக்கும்; கட்டியாக்கப்பட்ட காற்று, ஊட்டச் செறிவு மிக்க உணவு, நீர்ச் சுத்திகரிப்புக் கருவி முதலியனவும் அதில் இருக்கும். அதன் உருக்கினாலான வெளிப்புறத்தின் மீது கேவரைட் பூசப் பெற்றிருக்கும். உட்புறமுள்ள கண்ணாடிக் கோளம் காற்றுப்

[library stamp]

புக முடியாததாகவும் சாளரத்தைத் தவிர்த்துப் பிரிக்க முடியாத ஏக அமைப்பாகவும் இருக்கும். உருக்குக் கோளத்தை, சுருள் உலோகத் திரை மாதிரி சுருண்டு விடக் கூடிய பல பகுதிகளாலானதாய்ச் செய்ய வேண்டும். இவற்றை வில்களினால் எளிதாக இயக்கலாம். கண்ணாடி யினூடே இணைக்கப்பட்டுள்ள பிளாட்டினக் கம்பிகளின் வழியாகச் செல்லும் மின்சாரத்தினால் இவற்றைச் சுருட்டி மடக்கவும் விரிக்கவும் முடியும். இவை எல்லாம் அற்ப விவரங்கள். ஆக, சுருள் திரைகளின் தடிமனான பகுதியைத் தவிர, கோளத்தின் கேவரைட் பூசப்பட்டிருக்கும் வெளிப்புறம் சன்னல்களினால் அல்லது திரைகளினால் —விருப்பம்போல் எப்படி வேண்டுமானாலும் சொல்லிக் கொள்ளுங்கள் — ஆகியிருக்கும். இந்த சன்னல்கள் அல்லது திரைகளை மூடிவிட்டால், ஒளியோ, வெப்பமோ, ஈர்ப்போ, எந்த விதமான கதிர்ப்பு ஆற்றலோ கோளத்தின் உட்புறத்திற்குச் செல்ல முடியாது. வானவெளியில் நேர்கோட்டுப் பாதை என்று சொல்கிறோமே அத்தகைய பாதையில் இந்தக் கோளம் சென்று கொண்டேயிருக்கும். ஆனால் ஒரு சன்னல் திறக்கப்படுவதாய் வைத்துக் கொள்ளுங்கள் — உடனே அத்திசையில் இருக்க நேரும் பளு மிகுந்த எந்தக் கோளும் நம்மைக் கவர்ந்திழுக்கும்....

''விண்வெளியில் நம் விருப்பப்படிப் பயணம் செய்ய முடியும்.''

கேவரும் அவர் நண்பரும் சந்திரனுக்குச் செல்கின்றனர்

விண்வெளிக் கப்பலின் புறப்பாடு பற்றி வெல்ஸ் மிக்கச் சுவையுடன் விவரித்து எழுதியுள்ளார். அவ்வாகனத்தின், கேவரைட்டினாலான மெல்லிய வெளிப் பூச்சு அதை எடையற்றதாக்கி விடுகிறது. எனவே ஏரியின் அடியில் விடப்படும் கார்க் தக்கையைப் போல அது வளிமண்டலக் கடலின் உச்சிக்கு எழும்பிச் செல்கிறது. பிறகு, அது வளிமண்டலத்தின் எல்லைக்கப்பால் விண்வெளியினூடே தொடர்ந்து உயரச் செல்கிறது—பூமியினது சுழற்சியின் சடத்துவத்தை மறந்து விடாதீர்கள்! கேவரும் அவர் நண்பரும் வானவெளிக்குச் சென்றவுடன், சன்னல்களைத் தக்கபடி இயக்கி, சூரியனின் ஈர்ப்பையோ, பூமியின் ஈர்ப்பையோ சந்திரனின் ஈர்ப்பையோ அவ்வப்போது பயன்படுத்திக் கொண்டு நமது துணைக் கிரகமாகிய சந்திரனை அடைகின்றனர். பிறகு இந்தப்

பயணிகளில் ஒருவர் அதே எறிகலத்தில் பூமிக்குத் திரும்பி வருகிறார்.

வெல்ஸின் திட்டத்தை நாம் இங்கு ஆராயப் போவதில்லை; இத்திட்டத்தைச் செயல்படுத்த முடியாது என்பதை எனது கிரகங்களுக்குப் பயணம் என்னும் புத்தகத்தில் ஆராய்ந்திருக்கிறேன். இங்கு வெல்ஸின் கதையை நடக்கக்கூடியதாகவே கொண்டு, கேவருடனும் அவருடைய நண்பருடனும் சந்திரனுக்குச் செல்வோம்.

சந்திரனில் அரைமணி நேரம்

நமது பூமியில் உள்ளதைவிட மிகவும் குறைவான ஈர்ப்பு விசை கொண்ட ஓர் உலகில் இவர்களுக்கு ஏற்பட்ட அனுபவம் என்ன? நமது புவி மனிதர் ஒருவர் இது பற்றி கூறுவதைப் படித்துப் பார்ப்போம். இப்பொழுதுதான் இவர்கள் இருவரும் சந்திரனை வந்தடைந்துள்ளனர்.

> ''கோளத்தின் மூடியை நான் கழற்றினேன்.... மண்டியிட்டுச் சாளரத்தின் விளிம்பில் அமர்ந்தேன், நாற்புறமும் பார்த்தேன். கீழே என் முகத்துக்கு ஒரு கஜத்துக்கு அருகில் சந்திர மண்டலத்து கன்னிப் பனியைக் கண்டேன்.... கேவர்... கம்பளியை எடுப்பதற்காகக் கையை நீட்டினார். கம்பளியின் நடுவில் ஓட்டையினுள் தலையை விட்டு கம்பளியால் உடம்பைப் போர்த்தி மூடிக் கொண்டார். சாளர வாயின் விளிம்பில் அமர்ந்து கால்களை வெளியே தொங்கவிட்டார். சந்திரப் பனியிலிருந்து ஆறு அங்குலத்துக்கு அவர் கால் நுனிகள் தணிந்தன. பிறகு கணப்பொழுது தயங்கிவிட்டு முன்னால் குதித்தார்... சந்திரனது கன்னிப் பனித் தரையிலே நின்றார்.
>
> ''முன்னால் அடிவைத்து அவர் நகர்ந்தபோது கண்ணாடி விளிம்பின் ஒளி விலகலால் அவருடைய பிம்பம் விநோதமாய்த் தெரிந்தது. இப்படியும் அப்படியுமாய்ப் பார்த்தவாறு சிறிது நேரம் நின்றார். பிறகு உடலை உலுக்கிக் கொண்டு தாவினார்.
>
> ''கண்ணாடி யாவற்றையும் உருக் கோட்டமுற்றுத் தெரியச்செய்தது. அப்படியும் அவருடைய தாவல் அளவு மீறிய பெரிய தாவலாகவே தெரிந்தது எனக்கு.... கேவர் இருபது, முப்பது அடிக்கு அப்பால் சென்று விட்டதாய்த் தோன்றியது. ஒரு பாறை மீது உயரத்தில் நின்று கொண்டு கைகளை ஆட்டி என்னை வருமாறு அழைத்தார். அவர்

சப்தமிட்டு அழைத்திருக்க வேண்டும், ஆனால் சப்தம் என் காதில் விழவில்லை. எப்படி அவரால் அவ்வளவு தூரம் தாவ முடிந்தது?

''புரியாது குழம்பிய நிலையில் நானும் சாளர வாயில் வழியே வெளியே வந்து நின்றேன். என் எதிரே பனிப் படலம் விலகி பள்ளம் மாதிரி தெரிந்தது. ஓரடி எடுத்து வைத்துத் தாவினேன்.

''உடனே காற்றிலே நான் பறப்பது தெரிந்தது. கேவர் நின்று கொண்டிருந்த பாறை என்னருகே வரக் கண்டேன். அடங்காத வியப்புற்ற நிலையில் அதில் தொத்திக்கொண்டேன்.... கேவர் கீழே குனிந்து ஜாக் கிரதையாய் இருக்கும்படிக் கீச்சுக் குரலில் எச்சரித்தார். சந்திரனில் என் எடை பூமியில் இருந்ததில் ஆறில் ஒரு பங்குதான் இருக்கும் என்பதை நான் மறந்தேவிட்டேன். இப்பொழுது இதை நினைவில் கொள்ளும்படி நிலைமை என்னை வற்புறுத்திற்று....

''ஜாக்கிரதையாய் மேலே ஏறிக் கீல்வாதம் கண்ட வனைப் போல் எச்சரிக்கையாய் நகர்ந்து கொளுத்தும் வெய்யிலில் கேவருக்கு அருகே போய் நின்றேன். எங் களுடைய கோளம் முப்பது அடிக்கு அப்பால் கரைந்து வந்த பனி மேடைமீது இருந்தது....

''இதோ பாருங்கள்'' என்று சொல்லித் திரும்பி னேன். ஆனால் கேவர் அதற்குள் எங்கோ மறைந்துவிட் டார்.

''கலங்கிப் போய் அப்படியே கணப்பொழுது நின்று விட்டேன். பாறையின் ஓரத்துக்குச் சென்று எட்டிப் பார்ப் பதற்காக ஓரடி எடுத்து வைத்தேன். கேவர் திடுமென மறைந்ததால் ஏற்பட்ட வியப்பில் நான் சந்திரனில் இருக்கிறோம் என்பதை மீண்டும் மறந்துவிட்டேன். நான் அடி எடுத்து வைத்தது பூமியாய் இருந்தால் என்னை ஒரு கஜம் இடம்பெயரச் செய்திருக்கும், ஆனால் அங்கே சந்திர னில் அது ஆறு கஜத்துக்கு, அதாவது பாறையின் ஓரத் துக்கு அப்பால் ஐந்து கஜ தூரத்துக்குப் போகச் செய்து விட்டது. அக்கணத்தில் சொப்பனத்தில் முடிவின்றி விழுந்து செல்கிறோமே அது போன்ற ஓர் அனுபவம் ஏற்படக் கண் டேன். பூமியில் முதல் விநாடியில் பதினாறு அடி விழு கிறோம், ஆனால் சந்திரனில் இரண்டு அடியே விழுகிறோம், அதுவும் எனது எடையில் ஆறில் ஒரு பங்கு எடையுடன் தான் விழுந்தேன், அல்லது பத்து அடி குதித்ததாய்ச் சொல்லலாம். அதற்கு நெடு நேரம் ஆனது போலத் தோன்றிற்று—ஐந்தாறு விநாடி ஆகியிருக்குமென நினைக் கிறேன். சிறகு போலக் காற்றிலே மிதந்து சென்று வெள்ளை இழையோடிய வெளிறிய நீலப் பாறையின் அடியில்

பனிப் பெருக்கில் முழங்கால் ஆழத்துக்கு அழுந்தி விழுந்தேன்.

''சுற்றுமுற்றும் பார்த்தேன். 'கேவர்!' என்று கத்தினேன். ஆனால் கேவரைக் காணவில்லை.

'' 'கேவர்!' என்று உரத்துக் கூவினேன்....

''அப்போது அவரைக் கண்டேன். சிரித்துக் கொண்டு, என் கவனத்தைக் கவருவதற்காக ஏதோ சைகை செய்து கொண்டிருந்தார். இருபது அல்லது முப்பது கெஜத்திற்கப்பால் பாறைத் துண்டு ஒன்றின் மீது நின்று கொண்டிருந்தார். என்னால் அவர் குரலைக் கேட்க முடியவில்லை; ஆனால் அவரது சைகைகள் 'தாவிக்குதி!' என்றன. நான் தயங்கினேன்; இடையேயுள்ள தொலைவு மிகப் பெரிதாகத் தோன்றிற்று. இருப்பினும், கேவரைவிட என்னால் அதிக தொலைவு தாண்ட முடியுமென்று கருதினேன்.

''ஓர் அடி பின்னால் சென்று தயார் செய்துகொண்டு, எனது முழுப் பலத்துடனும் தாவினேன். கீழே திரும்பிவர மாட்டேன் என்று எண்ணும்படி அப்படி மேலே காற்றில் உயர்ந்து சென்றேன்.

''இம்மாதிரி பறந்து செல்லுவது அச்சம் தருவதாகவும் இன்பமாகவும் இருந்தது. பயங்கரமான கனவு போல என்னைத் திணறடித்தது. அளவு மீறி வேகமாய்த் தாவிவிட்டேன் என்பதை உணர்ந்தேன். கேவரின் தலையையும் தாண்டி அப்பால் சென்றுவிட்டேன்.''

சந்திரனில் சுடுதல்

புகழ்பெற்ற சோவியத் விஞ்ஞானி கா. எ. சியால்கோவ்ஸ்கியின் **சந்திரன்மீது** என்னும் புதினத்தில் கூறப்படும் ஒரு நிகழ்ச்சி, ஈர்ப்பு விசை எப்படி இயக்கத்தைப் பாதிக்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. பூமியின் வளிமண்டலம் எல்லாப் பொருள்களின் இயக்கத்திற்கும் தடை விளைவிக்கிறது. ஆகவே இங்கு விழும் பொருள்களின் இயக்கம் பற்றிய எளிய விதிகளை நம்மால் காண முடிவதில்லை. வேறு காரணங்களினாலும் அவை சிக்கலுறுகின்றன. ஆனால் சந்திரனில் வளிமண்டலம் இல்லை ஆதலால்—அங்கு நம்மால் செல்லவும் விஞ்ஞான ஆராய்ச்சி நிகழ்த்தவும் மட்டும் முடிந்தால்—அது ஒரு சிறந்த சோதனைக்கூடமாக விளங்கும்.

இனி சியால்கோவ்ஸ்கி எழுதுவதைப் படியுங்கள். இதன் முன் ஒரு சிறு விளக்கம்: பேசுவோர் இருவரும் சந்திரனில் இருக்கிறார்கள்; இப்பொழுது இவர்கள் அங்கே துப்பாக்கி

யிலிருந்து சுடப்படும் குண்டு செல்லும் பாதை எப்படியிருக்கும் என்பதை அறிய விரும்புகிறார்கள்.

'' 'இங்கே வெடிமருந்து வேலை செய்யுமா?'

'' 'வெடிகளின் விளைவு காற்றில் இருப்பதைக் காட்டிலும் வெற்றிடத்தில் அதிகமாகவே இருக்கும். ஏனெனில் வெடிகள் வெடிக்கையில் விரிவடைவதைக் காற்று தடுக்கின்றது. பிராண வாயுவைப் பொறுத்தவரை வெடிகளில் அது வேண்டிய அளவுக்கு இருக்கிறது.'

'' 'துப்பாக்கியைச் செங்குத்தாய் உயர்த்திச் சுடுவோம்; கீழே வந்து விழும் குண்டைத் தேடி எடுப்பது சுலபமாயிருக்கும்.'

''பளிச்செனா மின்னி சதக்கெனச் சப்தம் கேட்டது (காற்றில் அல்லாமல் தரை வழியாகவும் மனித உடல் வழியாகவும் பரவி வந்து ஒலிக்கும் சப்தம் அது—சந்திரனில் காற்று இல்லை). உடனே தரை அதிர்ந்தது.

'' 'குண்டின் தக்கை எங்கே? அருகில்தானே அது விழுந்திருக்கும்.

'' 'தக்கையும் குண்டுடன் மேலே சென்றிருக்கும், பெரும்பாலும் அதனுடன் கூடவேதான் சென்று திரும்பி வரும். பூமியிலே வளிமண்டலம் அதைக் குண்டுடன் சேர்ந்து மேலே போக விடமால் தடுக்கிறது. இங்கே சந்திரனில் இறகுங்கூட கல்லைப் போலவே கீழே வந்து விழும், மேலேயும் பாய்ந்து செல்லும். நீ உன்னுடைய தலையணையிலிருந்து ஒரு இறகை எடுத்து எறிந்து பார். அதை எறிந்து தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளைக்கூட அடிக்க முடியும். இந்தச் சிறிய இரும்புக் குண்டால் நான் அடிக்க முடிவது போல அவ்வளவு சுலபமாய் நீயும் உன் இறகால் அடிக்க முடியும். இந்தக் குண்டு சிறியதாகையால், சுமார் 400 மீட்டருக்கு நான் இதை எறிய முடியும். உன் இறகை எறிந்து உன்னால் யாரையும் கொன்று விட முடியாதுதான். இறகு கையில் இருப்பதை உணர்வதுகூட கடினம். சரி, நமது முழு பலத்தையும் கொண்டு நமது எறிகலன்களை எறிந்து பார்ப்போம். ஒரே இலக்கின்மீது—அதோ அந்தச் சிவப்புப் பாறையின்மீது எறிவோம்....'

''இறகு சூறாவளிக் காற்றால் அடிக்கப்பட்டது போல இரும்புக் குண்டைச் சற்றுத் தாண்டிச் சென்று விழுந்தது.

'' 'சுட்டு மூன்று நிமிடமாகி விட்டது. குண்டு இன்னும் திரும்பி வந்து விழவில்லையே! என்ன நேர்ந்திருக்கும்?'

" 'இன்னும் இரண்டு நிமிடம் பொறுத்திரு, திரும்பி வந்து விழும்'.

"அதே போல் இரண்டு நிமிடங்களுக்குப் பிறகு தரை லேசாக அதிர்ந்தது தெரிந்தது. குண்டின் தக்கை எங்களுக்கு அருகே விழுந்து எம்பிற்று.

" 'இவ்வளவு நேரமா குண்டு மேலே பறந்து சென்றது? அது எவ்வளவு உயரம் சென்றிருக்கும்?'

" 'ஏறக்குறைய 70 கிலோமீட்டர் உயரம் சென்றிருக்கும். ஈர்ப்பு குறைவாயிருப்பதனாலும், வளி மண்டலத் தடை இல்லாததாலும்தான் அது இவ்வளவு உயரம் போக முடிந்தது.' "

இது சரிதானா என்று கணக்கிட்டுப் பார்ப்போம். குண்டின் தலைவேகம் (துப்பாக்கிக் குழலின் வாயை விட்டுக் கிளம்பும் போதுள்ள வேகம்) வினாடிக்கு 500 மீட்டர் என்று கொண்டாலும்கூட—நவீன சுரிகுழல் துப்பாக்கிகளில் இது ஒன்றரை மடங்கு அதிகமாய் இருக்கும்—**வளிமண்டலம் இல்லாதிருப்பதனால் பூமிக்கு மேலே** அது

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{500^2}{2 \times 10} = 12{,}500 \text{ மீ.}$$

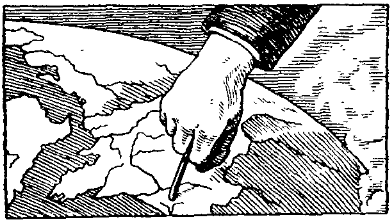
அல்லது, 12.5 கி. மீ. உயரம் செல்லும். எனினும், சந்திரனின் ஈர்ப்பு பூமியினுடையதில் ஆறில் ஒரு பங்கே ஆதலால், g ஆறு பங்கு குறைவாயிருக்கும்; எனவே, குண்டு $12.5 \times 6 = 75$ கி. மீ. உயரம் செல்லும்.

அடியில்லாக் கிணறு

பூமியின் அடி ஆழத்தில் என்ன நடக்கிறது என்பது பற்றி நமக்கு அதிகம் தெரியாது. சுமார் நூறு கிலோமீட்டர் தடிமனுள்ள திடமான புவி ஓட்டிற்குக் கீழே உருகிய நிலையிலுள்ள பொருள் இருப்பதாகச் சிலர் நினைக்கின்றனர். முழு ஆழத்துக்கும் பூமி திடப் பொருளாகவே இருப்பதாய் வேறு சிலர் நினைக்கின்றனர். இதில் எது சரி என்று கூறுவது கடினம். இதுவரை இறக்கப்பட்டுள்ள கிணறுகளில் மிகவும் ஆழமானது 7.5 கிலோமீட்டர் ஆழத்துக்கே செல்கிறது. மனிதன் சென்றிக்கும் மிக ஆழமான சுரங்கம் 3.3 கிலோ மீட்டர் ஆழமுடையது. [தென் ஆப்பிரிக்காவில் டிரான்ஸ்வாலில் பாக்ஸ்பர்கில் இருக்கும் இந்தத் தங்கச் சுரங்கத்தின்

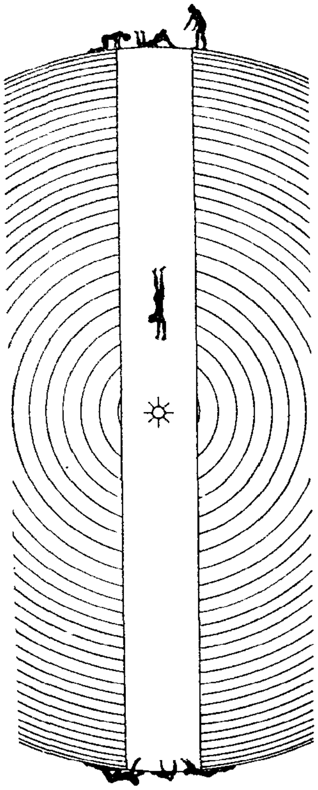
வாய் கடல் மட்டத்துக்கு மேல் 1,700 மீட்டர் உயரத்தில் இருக்கிறது, ஆகவே இதன் ஆழம் கடல் மட்டத்திலிருந்து 1,700 மீட்டரே ஆகும்.—பதிப்பாசிரியர்.] பூமியின் ஆரமோ 6,400 கி. மீ. அளவுள்ளதாயிருக்கிறது. பூமியின் விட்டத்தை யொட்டிப் பூமியினூடே நேராகத் துளையிட்டால் ஒழிய நம்மால் நிச்சயமாகச் சொல்ல முடியாது. இதுகாறும் இறக் கப்பட்டிருக்கும் எல்லாக் கிணறுகளின் மொத்த ஆழத்தைக் கணக்கிட்டால் பூமியின் விட்டத்தைவிட அதிகமாயிருக்கும் என்றாலும் துரதிர்ஷ்டவசமாய் இன்று நம்மிடமுள்ள துரப் பணச் சாதனங்களைக் கொண்டு இப்படி ஒரு துளையிட முடி யாது.

பதினெட்டாவது நூற்றாண்டில் மோப்பெர்ட்டுயீ என் னும் கணிதவியலாளரும் வால்ட்டேர் என்னும் தத்துவ வியலாளரும், பூமியினூடே ஒரு புறத்திலிருந்து மறுபுறத் துக்கு நேராகத் துளையிடுவது சாத்தியமாகலாம் என்று நினைத்தனர். அதே திட்டத்தை—சற்றுச் சிறிய அளவிலே—ஃபிளாமரியோன் என்னும் பிரெஞ்சு வானவியலறிஞர் பின்னர் மீண்டும் எடுத் துரைத்தார். அவர் கட்டு ரைக்காக வரைந்த படத் தைப் படம் 42 காட்டு கிறது.



படம் 42. விட்டத்தின் வழியே பூமியினுள் துளையிடுதல்.

இத்தகைய குடைவு ஒன்று இதுவரை வெட்டப் படவில்லை என்றாலும் ஒரு விசித்திரப் பிரச்சினையை விளக்கும் பொருட்டு இப் படி ஒரு குடைவு வெட்டப்பட்டிருப்பதாய் வைத்துக் கொள்வோம். அடியில்லாத இப்படிப்பட்ட ஒரு கிணற்றில் விழுந்தால் என்ன நேருமென நினைக்கிறீர்கள்? (காற்றின் தடையைத் தாற்காலிகமாகப் புறக்கணித்துவிடலாம்.) அடி மட்டத்தில் நீங்கள் விழுந்துவிடமாட்டீர்கள்; ஏனெனில் அடி மட்டம் என்பதே இங்கு இருக்காது. அப்படியானால் எங்கே போய் நிற்பீர்கள்? அது பூமியின் மையமாக இருக்காது; ஏனெனில், நீங்கள் அதை அடையும் போது, உங்கள் வேகம்



படம் 43. பூமியின் மையத்தினூடாகச் செல்லும் கிணற்றில் விழுந்தவர் ஊசலைப் போல் ஒரு நுனியிலிருந்து மறு நுனிக்கு முடிவில்லாது அலைவுற்றுக் கொண்டிருப்பார். ஓர் அலைவுக்கு 84 நிமிடங்கள் பிடிக்கும்.

மிகவும் அதிகமாய்—விநாடிக்குச் சுமார் 8 கி. மீ. மதிப்புடையதாக—இருக்கும். எனவே நீங்கள் அதைத் தாண்டிச்சென்று மேன் மேலும் தொடர்ந்து விழுந்து, பின்னர் வேகம் படிப்படியாகக் குறைந்து எதிர் நுனியிலுள்ள திறப்பை அடைவீர்கள். இப்பொழுது நீங்கள் விளிம்பைப் பிடித்துக் கொள்ள வேண்டும், இல்லையேல் திரும்பவும் மறு நுனிக்குச் செல்வீர்கள். அங்கும் மீண்டும் விளிம்பைப் பிடித்துக் கொள்ளத் தவறினால், ஓர் ஊசலைப் போல் முடிவில்லாது ஆடிக் கொண்டேயிருப்பீர்கள். கிணற்றிலுள்ள காற்றின் தடையைப் புறக்கணித்தால்தான் இப்படி ஆகும். (அதைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொண்டால், அலைவு படிப்படியாகக் குறைந்து, நீங்கள் கடைசியில் பூமியின் மையத்தில் வந்து நின்று விடுவீர்கள்.)

கிணற்றின் ஒரு நுனியிலிருந்து மறு நுனிக்குச் சென்று மீண்டும் திரும்ப உங்களுக்கு எவ்வளவு நேரம் பிடிக்கும்? 84 நிமிஷம் 24 விநாடி, அல்லது, கிட்டத்தட்ட ஒன்றரை மணி நேரம்.

ஃபிளாமரியோன் மேலும் கூறுகிறார்:

''நமது கிணறு பூமியின் அச்சை ஒட்டித் துருவத்திற்குத் துருவம் வெட்டப்பட்டிருந்தால்தான் இவ்வாறாக இருக்கும். இக்குடைவு ஐரோப்பாவிலோ ஆசியாவிலோ அல்லது ஆப்

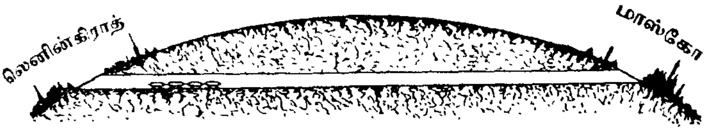
பிரிக்காவிலோ உள்ள பிறிதோர் அட்சரேகையில் வந்து முடியுமாயின் பூமியின் சுழற்சியை நாம் கணக்கில் எடுத்துக் கொண்டாக வேண்டும். பூமியின் மீதுளள ஒவ்வோர் இடமும் பூமத்தியரேகையில் விஞடிக்கு 465 மீட்டர் வேகத்திலும், பாரிஸ் நகர் இருக்கும் அட்சரேகையில் விஞடிக்கு 300 மீட்டர் வேகத்திலும் செல்கின்றது என்பது நாம் அறிந்ததே. சுழற்சி அச்சிலிருந்து தொலைவு அதிகமாக ஆக, பரிதிவேகமும் அதிகரிக்கிறது. எனவே குடைவினுள் எறியப்படும் குண்டு நேர்க்குத்திலிருந்து கிழக்குப் பக்கமாக விலகியிருக்கும். நமது அடியில்லாக் கிணற்றைப் பூமத்தியரேகையில் தோண்டுவதாயிருந்தால், அதை மிகவும் அகலமானதாகவோ அல்லது சாய்வு அதிகம் உள்ளதாகவோ செய்ய வேண்டும்; ஏனெனில், பூமியின் பரப்பின்மீதிருந்து கீழே எறியப்படும் ஒரு பொருள் பூமியின் மையத்திலிருந்து நெடுதூரம் கிழக்குப் பக்கமாக விலகி விழும்.

''மேலும், கிணற்றின் வாய் கடல் மட்டத்திற்கு மேலே இரண்டு கிலோமீட்டர் உயரத்திலுள்ள தென் அமெரிக்கப் பீடபூமி ஒன்றிலும் அதன் வெளிமுனை கடல் மட்டத்திலும் இருந்தால், எவராவது கவனக் குறைவாய் அமெரிக்காவிலுள்ள முனையினுள் விழ நேரிட்டால், அவர் எதிர்முனையில் இரண்டு கிலோமீட்டர் அதிகத் தொலைவிற்கு உயரச் செல்லுவார். ஆனல், இரு முனைகளிலும் வாய்கள் கடல் மட்டத்திலேயே இருந்தால், அவர் கிணற்றின் வாயில் தென்படும் போது, அவரை நீங்கள் கையினல் பிடித்து நிறுத்திவிட முடியும்; ஏனெனில், அங்கு அவருக்கு வேகம் எதுவும் இராது. முந்தைய உதாரணத்தில் விழுகிறவர் படுவேகத்தில் பாய்ந்து வெளியே வருவராதலால் அவரிடம் நீங்கள் எச்சரிக்கையோடு இருப்பது நல்லது.''

அதிவிரைவு ரயில் பாதை

இஞ்சின் இல்லாத பீட்டர்ஸ்பர்க்-மாஸ்கோ பாதாள ரயில்வே, முடிவுரு மூன்று அத்தியாயங்களில் ஒரு கற்பனை என்னும் அதிசயத் தலைப்பில் முன்பு பீட்டர்ஸ்பர்கில் (இப்போது லெனின்கிராத்) ஒரு சிறு புத்தகம் வெளிவந்தது. அதன் ஆசிரியரான அ. அ. ராத்னீஹ்ற என்பவர், பௌதிகவியல்

புதிர்களில் ஈடுபாடு கொண்டவர்கள் கருத்துக் கொள்ளக் கூடிய வேடிக்கையான ஒரு திட்டத்தை எடுத்துச் சொன்னார். ''தரைக்குக் கீழே ஒரே நேர்க் கோட்டில் மாஸ்கோ வையும் பீட்டர்ஸ்பர்கையும் இணைக்கும் 600 கி. மீ. நீள முள்ள குடைவுப் பாதை ஒன்றைத் தோண்டலாம்'' என்றார். ''இப்போது செய்வதைப் போல் வளைவான பாதைகளில்



படம் 44. இந்த லெனின்கிராத்—மாஸ்கோ குடைவுப் பாதையில் ரயில் வண்டிகளுக்கு இஞ்சின் தேவையில்லை. அவற்றின் எடையே அவற்றை முன்னும் பின்னும் விரைந்தோடச் செய்யும்.

செல்வதற்குப் பதிலாக, ஒரு நேர்க் கோட்டில் பயணம் செய்யும் வாய்ப்பை இது நமக்கு அளிக்கும்.'' (அவர் சொல்ல விரும்புவது என்னவெனில், நமது சாலைகள் யாவும் பூமியினுடைய மேற்பரப்பின் வளைவை ஒட்டியனவாகவே இருப்பதால், அவை வில்வடிவில் இருக்கின்றன; ஆனால் இந்தக் குடைவுப் பாதை வட்டத்தின் நாணாய் அமைந்து நேர்க் கோட்டில் இருக்கும் என்பதேயாகும்.)

இத்திட்டம் எப்போதாவது நிறைவேற்றப்பட்டால் தனிச் சிறப்புடையதாயிருக்கும். இந்தக் குடைவுப் பாதையில் ரயில் வண்டி இஞ்சின் இல்லாமல் தானாகவே நகரும். பூமியினூடே நேராகத் தோண்டப்பட்ட கிணற்றை நினைவு படுத்திக் கொள்ளுங்கள். இந்த லெனின்கிராத்-மாஸ்கோ குடைவுப் பாதையும் கிட்டத்தட்ட அதைப் போன்றதாகவே இருக்கும். இரண்டுக்குமுள்ள வேறுபாடு என்னவென்றால், இக் குடைவுப் பாதை பூமியின் விட்டத்தை ஒட்டிச் செல்லாமல், ஒரு நாணாய் அமைந்திருக்கும். படம் 44ஐ மேலோட்டமாகப் பார்க்கும்போது, குடைவுப் பாதை கிடைமட்டத்தில் இருப்பதால் ரயில் வண்டியை ஈர்ப்பு நகர்த்திச் செல்ல முடியாதெனத் தோன்றலாம். ஆனால், இது ஒளியியல் மாயத்தோற்

றமே; குடைவுப் பாதையின் இரு முனைகளையும் தொடும் ஆரங்களை வரைவதாய் நினைத்துப் பாருங்கள். ஆரங்கள் தரைக்கு நேர்குத்துத் திசைகளைக் காட்டும், குடைவுப் பாதை இந்த ஆரங்களுக்குச் செங்கோணத்தில் இல்லை, ஆகவே அது கிடைமட்டமாய் இல்லாமல் சாய்ந்தே செல்கிறது என்பதைக் காண்பீர்கள்.

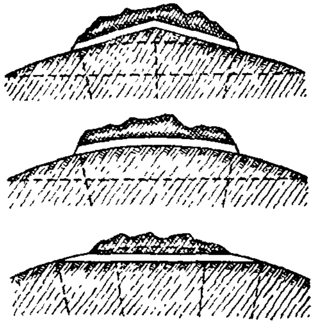
அத்தகைய சரிவான குடைவுப் பாதையில் விடப்படும் எதும் ஈர்ப்பு காரணமாக, அடிப்பகுதியை அணைத்தாற் போல், இப்படியும் அப்படியுமாக ஊசல் மாதிரி அலைவுறும். அதனுள் ஒரு ரயில் வண்டி தன் எடையே இஞ்சினாய் வேலை செய்ய, தானாகவே தண்டவாளத்தில் ஓடும். முதலில் ரயில் வண்டி மிகவும் மெதுவாகவே செல்லும். ஆனால் வினாடிக்கு வினாடி அதன் வேகம் அதிகரித்து நம்பமுடியாத அளவிற்கு உயர்ந்துவிடும், குடைவினுள் இருக்கும் காற்று குறிப்பிடத் தக்க தடையை உண்டாக்கும் அளவிற்கு உயர்ந்துவிடும். கவர்ச்சிகரமான பல திட்டங்களை நடைமுறைக்குக் கொண்டு வருவதற்குத் தடங்கல் விளைவிக்கும் இந்தக் காற்றுத் தடையைப் புறக்கணித்துவிட்டு, நமது ரயில் வண்டிக்கு என்ன நேரும் என்பதைக் கவனிப்போம். வண்டி, குடைவுப் பாதையின் மையத்தை அடையும்போது அதன் வேகம் பீரங்கிக் குண்டின் வேகத்தைக் காட்டிலும் பன்மடங்கு அதிகமாய் இருக்கும். ஆகவே மையத்தையும் தாண்டிச் சென்று ஏறத்தாழ குடைவுப் பாதையின் எதிர்முனைக்கே வந்துவிடும். உராய்வு இருப்பதனால்தான் ''ஏறத்தாழ'' என்று சொல்லுகிறேன்; உராய்வு இல்லையானால், வண்டி லெனின்கிராதிலிருந்து மாஸ்கோவிற்கு இஞ்சினே இல்லாமல் தானாகவே செல்லும். இவ்வண்டி ஒரு கோடியிலிருந்து மற்றொரு கோடிக்குச் செல்வதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம், துருவங்களுக்கிடையேயுள்ள குடைவுப் பாதையினுள் பூமியின் மையம்வரை விழுந்தவன் எடுத்துக் கொண்ட அதே 42 நிமிடம் 12 வினாடி தான் இருக்குமெனக் கணக்கிடப்பட்டிருக்கிறது. இதில் ஒரு விசித்திரம் என்னவென்றால், இந்தநேரத்தின் அளவு, குடைவுப் பாதை எவ்வளவு நீளமுள்ளது என்பதைப் பொறுத்ததன்று; மாஸ்கோவிற்கும் லெனின்கிராதிற்கும் இடையேயோ, மாஸ்கோவிற்கும் விளாடிவஸ்தோக்கிற்கும் இடையேயோ, அல்லது, மாஸ்கோவிற்கும் மெல்போர்னுக்கும் இடையேயோ

இருக்கக்கூடிய அம்மாதிரியான குடைவுப் பாதைகளில் பிரயாணம் செய்வதற்கும் அதே 42 நிமிடம் 12 விஞடியே ஆகும். (அடியில்லாக் கிணறு குறித்து இன்ஞெரு விசித்திரமான விவரமும் உண்டு—அலேவு நேரம் கிரகத்தின் பரிமாணத்தைப் பொறுத்ததாயில்லாது, அதன் அடர்த்தியை மட்டுமே பொறுத்ததாயிருக்கிறது.)

ஓடுவது எதுவாயினும்—மோட்டார்க் காரோ, வண்டியோ, அல்லது வேறு எந்த வாகனமாயினும்—யாவும் ஒரே மாதிரியாகத்தான் இயங்கும். உண்மையில் இந்தக் குடைவுப் பாதை விந்தையிலும் விந்தையானதாய் இருக்கும். தான் மட்டும் நகராது நிலேயாயிருந்து கொண்டு, சக்கரங்களின்மீது இயங்கும் எதையும் ஒரு முனேயிலிருந்து மறு முனேக்கு இது ஓடிவரச் செய்யும், அதுவும் கற்பனேக்கும் மீறிய வேகத்திலே ஓடிவரச் செய்யும்!

குடைவுப் பாதைகளே எப்படித் தோண்டுவது

குடைவுப் பாதைகளேத் தோண்டுவதற்கான மூன்று முறைகளேப் படம் 45 காட்டுகிறது. இவற்றுள் எது கிடைமட்டமாக இருக்கிறது என்று சொல்லுங்கள், பார்க்கலாம். மேலே இருப்பதுமில்லே, கீழே உள்ளதுமில்லே, வில் வடிவிலுள்ள நடுவில் இருப்பதுதான் கிடைமட்டமானது. நடுவிலுள்ள இக்குடைவுப் பாதை ஒவ்வோர் இடத்திலும் நேர்க்குத்திற்கு, அதாவது பூமியின் ஆரத்திற்குச் செங்கோணத்தில் அமைந்திருக்கும். அதன் வளேவு பூமியின் பரப்பினது வளேவைப் பூராவும் ஒத்திருப்பதால் அது கிடைமட்டத்தில் இருக்கிறது.



படம் 45. மலேக்கு அடியில் குடைவுப் பாதை தோண்டுவதற்கான மூன்று முறைகள்.

நீண்ட குடைவுப் பாதைகள் படம் 45இல் மேற்பகுதியில் காண்பித்துள்ளபடி — குடையின் இரு நுனிகளில் பூமியின்

மேற்பரப்பிற்குத் தொடுகோடுகளாக — தோண்டப்படுகின்றன. இக்குடைவு முதலில் மேல்நோக்கி எழுந்து, பிறகு கீழ் நோக்கிச் சாய்ந்து செல்லுகிறது. இதில் நீர் தேங்காமல், ஈர்ப்பு காரணமாக இரு நுனிகளையும் நோக்கி வழிந்து சென்று விடுவதால், இது மிகவும் வசதியானதாகும்.

திட்டமாகக் கிடைமட்டத்தில் தோண்டப்படும் குடைவுப் பாதை வில்வடிவில் அமைந்ததாயிருக்கும். இக்குடைவுப் பாதையிலிருந்து தண்ணீர் வெளியே செல்லாது; ஏனெனில், ஒவ்வோர் இடத்திலும் அது சமநிலையில் இருக்கும். அத்தகைய குடைவுப் பாதை ஒன்று 15 கிலோமீட்டரைவிட அதிக நீளம் உள்ளதாயிருந்தால் — எடுத்துக்காட்டாக, சிம்புளன் குடைவுப் பாதை 20 கிலோமீட்டர் நீளமுள்ளது — ஒரு முனையில் நிற்பவர் மற்றொரு முனையைப் பார்க்க முடியாது. குடைவுப் பாதையின் மையப் புள்ளி இரு முனைகளையும்விட 4 மீட்டர் உயரத்தில் இருக்குமாதலால், அதன் கூரையைத் தவிர வேறு எதையும் அவனால் காண முடியாது.

முடிவாக, இரு முனைகளுக்கிடையே நேர்க்கோட்டில் ஒரு குடைவுப் பாதையைத் தோண்டினால், அது படிப்படியாக மையத்தை நோக்கிச் சரிந்திருக்கும். அத்தகைய குடைவுப் பாதையில் தண்ணீர் வெளியே செல்வதற்குப் பதிலாய் அதிகபட்ச அளவுக்குத் தாழ்ந்திருக்கும் மையப் பகுதியில் தேங்கி நிற்கும். ஆனால் ஒரு முனையில் நின்று கொண்டிருக்கும் ஆள் மறு முனையைப் பார்க்க முடியும் — படத்திலிருந்து இதை நீங்கள் தெரிந்து கொள்ளலாம். (நிற்க, கிடைமட்டக் கோடுகள் எல்லாம் வளைவாக இருக்கின்றன; அவை எப்படியும் நேராக இருக்கவே முடியாது. ஆனால் குத்துக் கோடுகள் இவ்வாறன்றி நேர்க்கோடுகளாகத்தான் இருக்க முடியும்.)

அத்தியாயம் ஐந்து

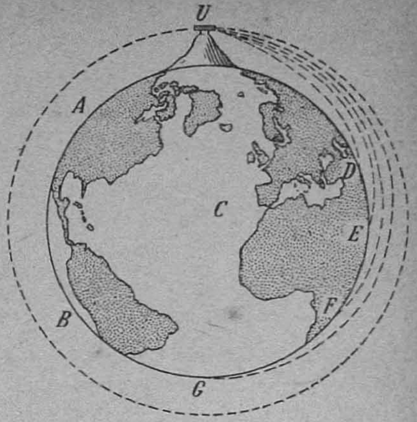
எறிகலத்தில் பயணம்

இயக்க விதிகளையும் ஈர்ப்பையும் பற்றிய நமது பரிசீலனையை முடிக்குமுன் பூமியிலிருந்து சந்திரனுக்கு, சந்திரனைச் சுற்றி என்னும் நூல்களில் ஜூல் வேர்ன் சுவைபட விவரித்திருக்கும், சந்திர மண்டலப் பயணம் குறித்து ஆராய்வோம். இந்த நூல்களை நீங்கள் படித்திருப்பீர்கள். பால்டிமோர் பீரங்கிக் கழகத்தின் உறுப்பினர்கள், உள்நாட்டுப் போர் முடிவுற்றதும் தங்களுக்கேற்பட்ட கட்டாய ஓய்வைப் பயன்படுத்திப் பெரியதொரு பீரங்கியைத் தயாரித்து உள்ளே பயணிகளையுடைய மாபெரும் எறிகலம் ஒன்றைச் சந்திரனை நோக்கிச் சுடுவது எனத் தீர்மானித்தது உங்களுக்கு நினைவிருக்கும். இப்படி சந்திரனுக்குப் பயணம்போவது சாத்தியமா? முதலாவதாக, பூமிக்குத் திரும்பாமலே தப்பி ஓடிவிடும்படி எறிகலத்துக்கு நம்மால் அவ்வளவு அதிகவேகத்தை அளித்திட முடியுமா?

நியூட்டனின் மலை

பிரபஞ்ச ஈர்ப்பு விதியைக் கண்டுபிடித்த விஞ்ஞான மேதை நியூட்டன், பிரின்ஸிப்பியா என்னும் தமது நூலில், நாம் மேல்நோக்கி எறியும் கல் ஈர்ப்பு காரணமாய் நேர்ப் பாதையினின்று விலகி, வளைந்து சென்று மீண்டும் பூமியின் மீது விழுகிறது என்று எழுதினர். இந்தக் கல்லுக்கு நாம் எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு அதிக வேகம் அளிக்கிறோமோ அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு அது அதிகத் தொலைவுக்கு உயர்ந்து செல்லும்; வேகம் அதிகமாக ஆக அது பத்து, நூறு, ஆயிரம்

மைல் அளவுள்ள வில் வளைவுப் பாதைகளில் செல்லும். முடிவில் அது பூமிக்குத் திரும்பாமலே கட்டு அறுந்து அறவே துண்டித்துச் சென்றுவிடலாம் அல்லவா?



படம் 46. மலை உச்சியிலிருந்து கிடைமட்டத்தில் போதிய வேகத்தில் எறியப்படும் கற்கள் விழும் பாதைகள்.

படம் 46இல், AFB பூமியின் மேற்பரப்பு என்றும், C அதன் மையம் என்றும், UD, UE, UF, UG ஆகியவை மிக உயரமான ஒரு மலையிலிருந்து மேன்மேலும் அதிக வேகங்களில் கிடைமட்டமாக எறியப்படும் பொருளின் வளை பாதைகள் என்றும் வைத்துக் கொள்ளுங்கள். (காற்றுத் தடையைப் புறக்கணித்து விடுவோம்.) துவக்க வேகம் குறைவாயிருக்கும் போது, பொருள் UD என்னும் வளைவுப் பாதையில் செல்லுகிறது. வேகம் அதிகரிக்கையில் UF என்னும் வளைவுப் பாதையிலும், மேலும் மேலும் அதிகரிக்கையில் UF, UG என்னும் வளைவுப் பாதைகளிலும் செல்லுகிறது. துவக்க வேகம் போதிய அளவுக்கு அதிகமானதும், நமது பொருள் பூமியைச் சுற்றிவிட்டு மலை உச்சியிலுள்ள ஆரம்ப நிலைக்கு மீண்டும் திரும்பிவந்து விடும். அப்பொழுது அதன் வேகம் துவக்க வேகத்துக்குச் சமமாக இருக்குமாதலால், அது அதே சுழல் பாதையில் தொடர்ந்து இயங்கும்.

இந்த மலையின் மீது பீரங்கி ஒன்று இருந்தால், அது சுடும் குண்டுகள்—துவக்க வேகம் மட்டும் போதுமான அளவு அதிகமாயிருந்துவிட்டால்—மீண்டும் பூமியின் மீது விழாமல், முடிவில்லாது பூமியைச் சுற்றிக் கொண்டே இருக்கும். துவக்க வேகம் வினடிக்கு சுமார் 8 கிலோமீட்டராக இருந்தால் இவ்வாறு நிகழும் என்று எளிதில் கணக்கிட்டு விடலாம். (இதற்கு, பொழுதுபோக்குப் பௌதிகம், முதல் புத்தகத்தின் இரண்டாம்

அத்தியாயத்தைப் பார்க்கவும்). இந்த வேகத்தில் சுடப்பட்ட எறிகலம் ஒன்று, பூமத்தியரேகையிலுள்ள எந்த இடத்தையும்விட 17 மடங்கு விரைவாகப் பூமியின் துணைக் கிரகமாகச் சுற்றிவரும்; அதன் சுழற்சி நேரம் 1 மணி 24 நிமிடமாயிருக்கும். துவக்க வேகம் மேலும் அதிகமாயிருந்தால், எறிகலம் பூமியைச் சுற்றி வட்டப் பாதையில் செல்லாமல், பூமியிலிருந்து நெடுந்தொலைவு சென்று, ஒரு நீள் வட்டப் பாதையில் செல்லும். துவக்க வேகம் இன்னும் அதிகமாக, விநாடிக்கு சுமார் 11 கிலோமீட்டராக இருந்தால், எறிகலம் பூமிக்குத் திரும்பாமல் விண்வெளியினுள் ஓடிச் சென்றுவிடும். (நாம் இதுவரை கூறியது, **வெற்றிடத்தில்** — காற்றில் அல்ல—செல்லும் எறிகலங்களின் இயக்கத்தைப் பற்றியதே என்பதைக் கவனிக்கவும்.)

ஜூல் வேர்ன் கூறுவதுபோல், நம்மால் சந்திரனுக்குப் பறந்து செல்ல முடியுமா என்பதை இப்போது பார்ப்போம். நவீன பீரங்கிகள், விநாடிக்கு இரண்டு கிலோமீட்டருக்கு மேற்படாத துவக்க வேகத்துடன் குண்டுகளைச் சுடுகின்றன. சந்திரனுக்குச் செல்வதற்கு நமக்குத் தேவையான வேகத்தில் ஐந்தில் ஒரு பங்கே ஆகும் இது. எனினும், பால்டிமோர் பீரங்கிக் கழகத்தினர், ராட்சத பீரங்கி ஒன்றைத் தயாரித்து ஏராளமான அளவு வெடிமருந்தைப் பயன்படுத்தினால், தங்களது எறி கலத்தைச் சந்திரனுக்கு அனுப்புவதற்குப் போதுமான வேகம் பெறச் செய்துவிட முடியும் என்று நினைத்தார்கள்.

பிரம்மாண்ட பீரங்கி

எனவே பால்டிமோர் பீரங்கிக் கழகத்தின் உறுப்பினர்கள் கால் கிலோமீட்டர் நீளமுள்ள மாபெரும் பீரங்கியைத் தயாரித்து அதைத் தரையில் செங்குத்தாக நட்டனர். பிறகு பயணிகள் அறையுடன் கூடிய, 8 டன் எடையுள்ள மிகப் பெரியதோர் எறிகலம் செய்யப்பட்டது. 160 டன் நைட்ரோ காட்டனை வெடிமருந்தாய் உபயோகித்தனர். பீரங்கி சுடப்பட்டவுடன் ஜூல் வேர்னின் கூற்றுக்கேற்ப எறிகலம் விநாடிக்கு 16 கிலோமீட்டர் துவக்க வேகத்தைப் பெற்றது. காற்றுத் தடை அதை விநாடிக்கு 11 கிலோமீட்டர் வேகமாய்க்

குறைத்தது. எறிகலம் பூமியின் வளிமண்டலத்தை விட்ட வுடன் சந்திரனுக்குத் தொடர்ந்து செல்வதற்கு இவ்வேகம் போதுமானதே. இவ்வாறுதான் ஜூல் வேர்ன் எண்ணினார்.

அவர் எண்ணியதைப் பௌதிகவியல் உறுதிப்படுத்து கிறதா என்று பார்க்கலாம்.

ஜூல் வேர்னின் திட்டம் தோல்வியுறக் கூடியதுதான்: ஆனால், வாசகர்கள் நினைக்கும் காரணத்தினால் அல்ல. முத லாவதாக, வெடி மருந்தினால் வினாடிக்கு 3 கிலோமீட்டரைவிட அதிகமானதொரு வேகத்தைப் பீரங்கிகளிலிருந்து சுடப்படும் எறிகலங்களுக்கு அளிக்க முடியாது என்று மெய்ப்பித்துக் காட்ட முடியும் — **கிரகங்களுக்குப் பயணம்** என்னும் எனது நூலில் இதைக் காண்பித்துள்ளேன்.

மேலும், ஜூல் வேர்ன் காற்றுத் தடையைப் புறக்கணித்து விட்டார். இங்கு செயல்படும் பிரம்மாண்டமான வேகங் களைக் கவனிக்கும்போது காற்றுத் தடை மிகப் பெரியதாகவே இருக்க வேண்டும். எவ்வாறாயினும், அது எறிகலத்தின் பாதையை அறவே மாற்றிவிடும். இவை மட்டுமன்றி, பீரங்கிக் குண்டு ஒன்றில் சந்திரனுக்குப் பயணம் செய்வதற்கு வேறு முக்கியமான ஆட்சேபணைகளும் உள்ளன. பிரதான மான தடையாயிருப்பது பயணிகளுக்கு நேரவிருப்பதே ஆகும். விண்வெளிப் பயணம்தான் அபாயமானது என்று நினைக்க வேண்டாம். சுடும் சமயத்தில் தப்பித்துக் கொண்டு விட்டால், அவர்கள் கவலைப்பட வேண்டியதில்லை. அவர்கள் எறிகலத்தில் விண்வெளியிலே செல்லும் பிரம்மாண்டமான வேகம், சூரியனைச் சுற்றிச் செல்லும் நமது கிரகத்தின் மேலும் அதிகமான வேகத்தைப் போல் புவிவாசிகளாகிய நமக்குத் தீங்கற்றதாகவேயிருக்கும்.

கனமான தொப்பி

பீரங்கிக் குழலினுள் எறிகலத்தின் வேகம் வெகுவாய் அதிகரிக்கும் நேரமாகிய வினாடியில் நூற்றில் ஒரு சில பங்கு நேரம்தான். மிகவும் ஆபத்தானதாகும். ஏனெனில் மிகச் சொற்பமான இந்நேரத்தில் வேகம் பூஜ்ய நிலையிலிருந்து வினாடிக்கு 16 கிலோமீட்டர் அளவுக்கு உயருகிறது. ஜூல் வேர்னின் பீரங்கிக் கழகத்தினர் அதனால்தான் அந்தச்

சொற்ப நேரத்தை அப்படி திகிலுடன் எதிர்நோக்கினர். எறி கலத்தின் உள்ளே இல்லாமல் அதற்கு முன்பாகப் பயணிகள் இருப்பது எவ்வளவு ஆபத்தானதோ, அவ்வளவு ஆபத் தானதே உள்ளேயிருக்கும் பயணிகளுக்கும், பயணத்தின் அந்த முதற்கணம் என்று பார்பிக்கேன் கூறியது முற்றிலும் சரியே. பீரங்கிக் குண்டு அதன் பாதையிலுள்ள எதன் மீதும் எவ்வளவு பலமாய்த் தாக்குமோ, அதே பலத்தோடு தான் அறையின் அடித்தளம் பீரங்கி சுடப்படும்போது பயணிகளைக் கீழிருந்து தாக்க வேண்டும். ஜூல் வேர்னின் பீரங்கிக் கழகத்தினர் இவ்வாபத்தை இலேசாகக் கருதி விட்டனர். அதிகம் போனால் இரத்தம் தலைக்குப் பாய் வதற்கு மேல் பெரும் தீங்கு ஒன்று ஏற்பட முடியாது என்று நினைத்துவிட்டனர்....

உண்மையில், நிலைமை மிகவும் பயங்கரமானது. பீரங்கி யின் குழலில் எறிகலத்தின் வேகம் திடுமென வளர்ந்து அதிகரிக்கிறது. வெடிமருந்து கொளுத்தப்பட்டவுடன் உண் டாகும் வாயுக்களின் நிலையான அழுத்தம் காரணமாகப் பிரம் மாண்டமாய் அதிகரிக்கிறது. வினாடியின் மிகச் சொற்ப அளவு நேரத்தில் இவ்வேகம், நான் ஏற்கனவே குறிப்பிட்டபடி, பூஜ்யத்திலிருந்து வினாடிக்கு 16 கிலோமீட்டர் வேகமாய் உயருகிறது. எளிதாயிருக்கும் பொருட்டு, வளர்வேகம் சீராக இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். அப்போது எறி கலத்தின் வேகத்தை அவ்வளவு குறைவான நேரத்தில் வினா டிக்கு 16 கிலோமீட்டர் அளவுக்கு உயர்த்துவதற்கான வளர் வேகம் ஒரு வினாடிக்கு ஏறக்குறைய 600 கிலோமீட்டர்/ வினாடி^{2} அளவுள்ளதாயிருக்கும். (இதைப் பின்னர்க் கணக் கிடுவோம்).

பூமியின் பரப்பில் ஈர்ப்பு வளர்வேகத்தின் அளவு 10 மீட்டர்/வினாடி^{2} தான். இத்தகைய வளர்வேகமானது, உயி ருக்கு ஆபத்தானது என்பதை நீங்கள் உணருவீர்கள். (துவக்க நிலையிலிருந்து கிளம்பும்போது பந்தய மோட்டார்க் கார் ஒன்றினது வளர்வேகத்தின் அளவு 2 அல்லது 3 மீட் டர்/வினாடி^{2}ஐவிட அதிகமில்லை என்பதையும், நிலைப்பு நிலை யிலிருந்து மிருதுவாய்க் கிளம்பும் ரயில் வண்டி ஒன்றினது வளர்வேகம் 1 மீட்டர்/வினாடி^{2}தான் என்பதையும் இங்கு குறிப்பிட வேண்டும்.) ஆகவே, பீரங்கி சுடப்படும் கணத்தில்

பயணிகள் அறையினுள் இருக்கும் ஒவ்வொன்றும் தனது உண்மையான எடையைப் போல் 60,000 மடங்கு அதிக எடையுடன் கீழே அழுத்தும் என்றுகிறது. அதாவது பயணிகளின் எடை பல்லாயிரம் மடங்கு அதிகரித்து, அது அவர்களை அப்படியே சப்பையாய் நசுக்கிவிடும். பீரங்கி சுடப்பட்ட போது, பார்பிக்கேனின் தொப்பி மட்டுமே குறைந்தபட்சம் 15 டன் எடையுள்ளதாக இருந்திருக்கும்—அவரை நசுக்குவதற்குத் தேவையானதைவிட மிகவும் கூடுதலான எடை இது.

இந்தத் தாக்குதலைத் குறைப்பதற்காக மேற்கொள்ளப் பெற்ற பல ஏற்பாடுகளை ஜூல் வேர்ன் விவரித்திருக்கிருர். எறிகலம், சுருள்வில் பாதுகாப்பு அமைப்புக்களுடனும் நீர் நிரப்பப் பெற்ற இரு தள அடிப்பகுதியுடனும் பொருத்தப் பெற்றிருந்தது. இது தாக்குதல் இருக்கும் நேரத்தின் அளவை அதிகரிக்கச் செய்யும்; எனவே வேகம் அதிகரிக்கும் விரைவு குறைக்கப்படும். ஆனல் இவ்வாறு கிடைக்கும் சாதகம் இங்கு செயல்படும் பிரம்மாண்டமான விசைகளைக் கவனிக்குமிடத்து, அற்பமானதேயாகும். பயணிகளை அடித்தளத்தோடு அழுத்தும் விசையில் மிகச் சிறியதொரு பகுதியே குறைக்கப்படும். தொப்பியின் எடை 14 டன்னுக இருப்பதற்கும் 15 டன்னுக இருப்பதற்கும் வித்தியாசமில்லை; எப்படியும் அது உங்களை நசுக்கிவிடும்.

தாக்குதலை எப்படித் தணிப்பது

உயிருக்கு ஆபத்தான வேக அதிகரிப்பை நாம் எங்ஙனம் குறைக்க முடியும் என்பதை இயந்திரவியல் கூறுகிறது. பீரங்கியின் குழலைப் பல மடங்கு நீளமானதாக்க வேண்டும், பீரங்கி சுடப்படும் போது எறிகலத்தினுள் ஏற்படும் ''செயற்கை ஈர்ப்பு'' பூமியின் ஈர்ப்புக்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும் என்றுல், நிரம்பவும் அதிக நீளமானதாக்க வேண்டும். தோராயமாகக் கணக்கிட்டால், பீரங்கிக் குழலைக் குறைந்தபட்சம் 6,000 கிலோமீட்டர் நீளமானதாக்க வேண்டிவரும். அதாவது, ஜூல் வேர்னின் ''கொலம்பியட்'' பீரங்கி பூமியின் மையம் வரை நீண்டிருந்திருக்கும். அப்போதுதான், விரும்பத்தகாத அநுபவங்கள் ஏற்படாமல் இருக்கும். வேகத்தில்

உண்டாகும் நிதானமான அதிகரிப்பு, அவர்களது எடைக்குச் சமமான கூடுதல் எடையையே உண்டாக்கியிருக்கும், ஆகவே அவர்கள் தாங்கள் இரு மடங்கு கனமாயிருப்பதாக மட்டுமே உணர்ந்திருப்பார்கள்.

நிற்க, மனிதனின் உடல், அதன் எடை பன்மடங்கு அதிகரித்தாலும்கூட, குறுகிய அளவு நேரத்திற்கு அவ்வதிகரிப்பைத் தீய விளைவு எதுவுமின்றித் தாங்கிக் கொள்ள முடியும். சறுக்கு வண்டியில் செல்லுகையில் நாம் திடீரென்று பாதையை மாற்றி வளைந்து போகும்போது அக்குறுகிய அளவு நேரத்துக்கு நமது எடை குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்கு அதிகரிக்கின்றது. நமது உடல் சறுக்கு வண்டியைக் கடுமையாய் அழுத்துகிறது. நமக்கு ஆபத்து எதுவுமின்றி நமது எடையில் மூன்று மடங்கு அதிகரிப்பை நம்மால் தாங்கிக் கொள்ள முடியும். குறுகிய அளவு நேரத்திற்கு நமது எடையில் பத்து மடங்கு அதிகரிப்பையும்கூட நாம் தாங்கிக் கொள்ள முடியும் என்று வைத்துக் கொண்டால், 600 கிலோமீட்டர் ''மட்டுமே'' நீளமுள்ள பீரங்கியைச் செய்தால் போதுமானது. அத்தகைய பீரங்கியைச் செய்வது முடியாதாகையால் அப்பொழுதும் பிரச்சினை தீர முடியாது.

இவ்வளவு நிபந்தனைகளையும் நிறைவேற்ற முடிந்தால் தான், ஜூல் வேர்னின் திட்டத்தைச் செயல்படுத்துவது பற்றி நாம் சிந்திக்க முடியும். (எறிகலம் சுடப்பட்டு, அது சந்திரனுக்குச் செல்லுகையில் அதனுள் இருந்த நிலைமையை அந்நாவலாசிரியர் விவரித்தபோது, முக்கியமானதொரு விவரத்தை அவர் மறந்து விட்டிருந்தது குறித்து பொழுதுபோக்குப் பௌதிகம் முதல் புத்தகத்தில் கவனித்தோம். ஈர்ப்பானது எறிகலத்திற்கும் அதனுள் இருக்கும் ஒவ்வொன்றிற்கும் ஒரே வளர்வேகத்தை அளிப்பதால், எறிகலத்தினுள் உள்ள ஒவ்வொரு பொருளும் எடையற்றுப் போவதால் ஏற்படும் எடையின்மை நிலையை அவர் மறந்துவிட்டார் — அடுத்து வரும் ''ஜூல் வேர்ன் எழுதாத அத்தியாயம்'' என்பதைப் பார்க்கவும்.)

கணித ரசிகர்களுக்கு

உங்களில் சிலர், மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள புள்ளி விவரங்களைச் சரிபார்க்க விரும்பக்கூடும். கணக்கீடுகள் இதோ

இருக்கின்றன—பீரங்கிக் குழலில் எறிகலம் ஒரே சீரான வளர் வேகத்தில் செல்வதாய் வைத்துக் கொண்டு கணக்கிடப்படுவதில் இவை தோராயமானவையே (உண்மையில் வளர் வேகம் சீரானதன்று).

சீரான வளர்வேகமுள்ள இயக்கத்துக்குப் பின்வரும் சமன்பாடுகள் இரண்டும் நமக்குத் தேவைப்படும்:

tஆவது விநாடிக்குப் பிறகுள்ள வேகம் v, atக்குச் சமமாயிருக்கும் (இதில், a என்பது வளர்வேகம்), அதாவது, $v=at$;

t விநாடிகளில் செல்லும் பாதையாகிய Sஐக் கணக்கிடுவதற்கான சமன்பாடு வருமாறு:

$$S=\frac{at^2}{2}.$$

இப்போது, "கொலம்பியட்" பீரங்கியின் குழலில் எறிகலத்திற்கு ஏற்படும் வளர்வேகத்தை நிர்ணயிப்போம். கதையிலிருந்து, பீரங்கிக் குழலில் எறிகலம் எடுத்துக் கொள்ளாத பகுதியின் நீளம் நமக்குத் தெரியும். அது 210 மீட்டர். இதுதான் எறிகலம் கடந்து செல்லும் பாதையான S இறுதி வேகமான vயும் நமக்குத் தெரியும்: v=விநாடிக்கு 16,000 மீட்டர். சீரான வளர்வேகமுள்ள இயக்கம் என்பதாக வைத்துக் கொண்டு, எறிகலம் குழலில் செல்லும் நேரமாகிய tஐ இப்போது நாம் கணக்கிடலாம்.

$$v=at=16{,}000;\quad 210=S=\frac{at\times t}{2}=\frac{16{,}000\ t}{2}=8{,}000\ t;$$

$$\text{ஆகவே,}\quad t=\frac{210}{8{,}000}\approx {}^{1}/_{40}\ \text{விநாடி.*}$$

இவ்வாறாக, குழலின் நீளத்தைக் கடந்து செல்வதற்கு எறிகலத்திற்கு 1/40 விநாடியே ஆகின்றது.

$v=at$ என்றும் சமன்பாட்டில் $t={}^{1}/_{40}$ என்று வைத்துக் கொண்டால், $16{,}000={}^{1}/_{40}a$; எனவே, $a=6{,}40{,}000$ மீட்டர்/விநாடி^{2} என்றாகிறது.

இதிலிருந்து, பீரங்கியினுள் எறிகலத்தின் வளர்வேகம் 6,40,000 மீட்டர்/விநாடி^{2}, அதாவது ஈர்ப்பு வளர்வேகத்தைப்

---

* ≈ என்னும் குறி 'ஏறக்குறையச் சமம்' என்பதைக் குறிப்பது.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

போல் 64,000 மடங்கு அதிகமானது என்பது தெரிகிறது. எறிகலத்தின் வளர்வேகம் ஈர்ப்பு வளர்வேகத்தைப் போல் பத்து மடங்கே அதிகமாயிருக்க வேண்டுமானால், பீரங்கி எவ்வளவு நீளமாயிருக்க வேண்டும்?

நாம் சற்றுமுன் செய்த கணக்கின் செய்முறைக்கு எதிர் முறையில் செய்ய வேண்டிய கணக்காகும் இது. $a = 100$ மீட்டர்/விநாடி^{2} என்பதும், $v = 11{,}000$ மீட்டர்/விநாடி என்பதும் நமக்குத் தெரியும் (காற்றுத் தடை இல்லாதிருக்கும் போது இவையே போதும்).

$v = at$ என்னும் சமன்பாட்டிலிருந்து, $11{,}000 = 100\,t$, அதாவது, $t = 110$ விநாடி என்று தெரிகிறது.

$S = \frac{at^2}{2} = \frac{at \times t}{2}$ என்னும் சமன்பாட்டிலிருந்து, பீரங்கி $\frac{11{,}000 \times 100}{2} = 6{,}05{,}000$ மீட்டர், அல்லது, 605 கிலோமீட்டர் நீளமுள்ளதாயிருக்க வேண்டுமென அறிகிறோம்.

இங்ஙனம், ஜூல் வேர்னின் பீரங்கிக் கழகத்தினரது கவர்ச்சிகரமான திட்டத்தைத் தகர்த்துவிடும் புள்ளி விவரங்கள் நமக்குத் தெரிய வருகின்றன. [கணக்கீடுகள் உள்பட, இந்த அத்தியாயத்தில் உள்ள ஒவ்வொரு விவரமும் ஐயத்திற்கிடமின்றி முற்றிலும் சரியானதே ஆகும். விண்வெளிப் பயணப் பிரச்சினை ராக்கெட்டுகளின் துணை கொண்டு தீர்க்கப்பட்டிருப்பது நமக்குத் தெரிந்ததே.—**பதிப்பாசிரியர்.**]

அத்தியாயம் ஆறு

திரவங்கள், வாயுக்கள் ஆகியவற்றின் இயல்புகள்

நாம் மூழ்காமல் படுத்திருக்கக் கூடிய கடல்

பழம் பெரும் வரலாறு கொண்டதொரு நாட்டில் இப்படிப்பட்ட ஒரு கடல் இருக்கிறது. பாலஸ்தீனத்திலுள்ள சாவுக் கடல் அது. எந்த உயிரும் அதில் வாழ முடியாதபடி அதன் நீரில் உப்பு அவ்வளவு அதிகம். இப்பிரதேசம் வெப்பமாகவும் மழையின்றியும் இருப்பதால் மேற்பரப்பு நீர் மிகுதியாய் ஆவியாகிவிடுகிறது. இப்படி ஆவியாவது நீர் மட்டும்தான்; நீரில் கரைந்துள்ள உப்பு அப்படியே தங்கி நீரிலுள்ள உப்பு அடக்கத்தை மேலும் அதிகரிக்கச் செய்கிறது. பெரும்பாலான கடல்களில் நீர் இரண்டு, மூன்று சதவீதமே உப்பு உள்ளடக்கம் கொண்டிருக்க சாவுக் கடலின் நீர் 27 சதவீதமும் அதற்குக் கூடுதலாகவும் கொண்டிருப்பதற்கு இதுதான் காரணம். கடலில் ஆழமாய்ச் செல்ல செல்ல உப்பு உள்ளடக்கம் மேலும் அதிகமாகின்றது.

இவ்வாறு சாவுக் கடலின் உள்ளடக்கத்தில் ஒரு பாகம் அதன் நீரில் கரைந்துள்ள உப்பினுல் ஆனதாகும். இக்கடலில் மொத்தம் 4 கோடி டன் உப்பு இருப்பதாய் மதிப்பிடப் படுகிறது.

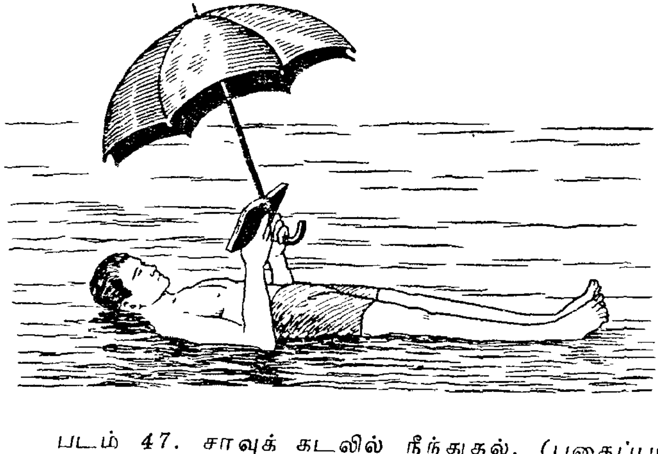
சாவுக் கடலின் நீர் உப்பு நிறைந்ததாயிருக்கும் காரணத்தால் இக்கடல் ஓர் அதிசய இயல்புடையதாய் இருக்கிறது. சாதாரணக் கடல் நீரைக் காட்டிலும் அது அதிக கனமாயிருப்பதனுல், நீங்கள் அதில் அமிழ்ந்து மூழ்கிவிட மாட்டீர்கள்; ஏனெனில் உங்கள் உடல் இந்நீரைவிட மிகவும் இலேசாயிருக்கிறது.

நமது உடலின் கனபரிமாணத்திற்குச் சம அளவுள்ள, மிகவும் உப்பான நீரின் எடையைவிட நமது எடை குறிப்

பிடத்தக்க அளவிற்குக் குறைவாக இருக்கின்றது. எனவே, மிதப்பு விதிக்கிணங்க, நாம் சாவுக் கடலினுள் மூழ்கிவிட முடியாது; உப்பு நீரில் போட்ட கோழி முட்டையைப் போல் நாம் மேலே எழும்பி வந்து விடுவோம். தூய நீராய் இருப்பின் முட்டை அதில் அமிழ்ந்து விடும்.

புகழ்பெற்ற அமெரிக்க நகைச்சுவை எழுத்தாளரான மார்க் டுவைன் சாவுக் கடலுக்குச் சென்றார். தாமும் தம்முடைய நண்பர்களும் அதில் குளித்தபோது அவர்களுக்கு ஏற்பட்ட விநோத அனுபவங்களை அவர் தமது நூல் ஒன்றில் வேடிக்கையாக விவரிக்கின்றார்.

> ''அது ஓர் அதிவிநோதக் குளியல். நீருக்குள் எங்களால் மூழ்க முடியவில்லை. கைகளை மார்பின் மீது வைத்துக் கொண்டு முழு நீளத்திற்கும் உடலை நீட்டிக் கொண்டு மல்லாந்து படுத்துக் கொள்ள முடிந்தது. தாடையின் முனையிலிருந்து விலாவின் நடுப்பகுதி, கணுக்கால் எலும்பு ஆகியவற்றின் வழியே செல்லும் கோட்டிற்கு மேலாக உள்ள உடல் முழுவதும் நீருக்கு வெளியே இருந்தது. விரும்பினால் தலையை நன்றாய்மேலே தூக்கிக் கொள்ள முடிந்தது.... தலையைத் தூக்கிக் கொண்டு, பாதங்கள் நீருக்கு மேல் உயர்த்தி வசதியாக மல்லாந்து படுத்திருக்க முடியும்.... முழங்கால்களை மோவாயுடன் இணைத்து அவற்றைக் கைகளினால் கட்டிப் பிடித்துக்



படம் 47. சாவுக் கடலில் நீந்துதல். (புகைப்படம் ஒன்றிலிருந்து.)

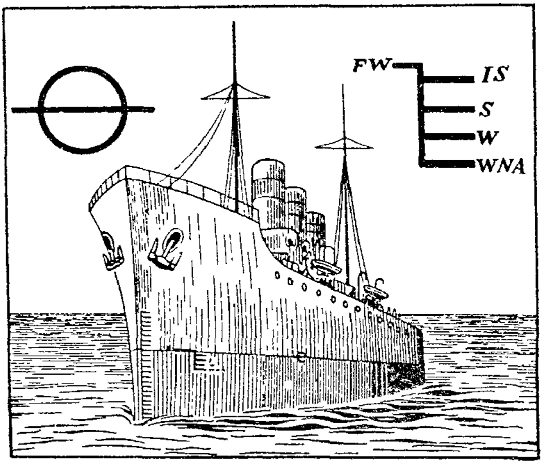
கொண்டு நீங்கள் உட்கார்ந்திருக்க முடியும். ஆனால் விரைவில் சாய்ந்து விழுந்துவிடுவீர்கள், ஏனெனில் அந் நிலையில் உடலின் மேற்பகுதி கனத்திருக்கும். நீரில் நீங் கள் நேரே நிற்க முடியும்; மார்பின் நடுப்பகுதிக்கு மேல் நனைய மாட்டீர்கள். ஆனால் அப்படியே நீங்கள் நெடு நேரம் இருக்க முடியாது, நீர் உங்கள் கால்களை மேலே தூக்கி நீர்ப்பரப்புக்கு வரச் செய்துவிடும். மல்லாந்து படுத்துக் கொண்டு நீந்தி, உங்களால் முன்னே செல்ல முடியாது; ஏனெனில் உங்களது பாதங்கள் மேற்பரப் பிற்கு வெளியே நீட்டிக் கொண்டு இருக்கும்; உங்களை முன்னே தள்ளிக் கொள்ளுவதற்குக் குதிகால்களைத் தவிர, வேறு எதுவும் நீரினுள் இருக்காது. குப்புறக் கவிழ்ந்து கொண்டு நீந்தினால், பின்புறம் துடுப்புச் சக்கரமுள்ள நீராவிப் படகைப் போன்று, தண்ணீரை நீங்கள் உதைத்துமேலே கிளப்பிக் கொண்டிருப்பீர்கள்; முன்னே செல்ல முடியாது. குதிரையால் சாவுக் கடலில் நீந்தவோ, நேராக நிற்கவோ முடியாத அளவிற்கு அதன் மேற்பகுதி கனமாயிருக்கிறது; ஆகவே அது உடனே பக்கவாட்டில் புரண்டுவிடுகிறது.''

சாவுக் கடலின் மேற்பரப்பின் மீது நேரத்தைக் கழிப் பதற்கான மிகவும் இனிமையான வழி ஒன்றைப் படம் 47 காட்டுகிறது. கொளுத்தும் வெய்யிலை மறைக்கும் ஒரு குடை யின் நிழலில், படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கும் ஆள் புத் தகம் படிக்க முடிகிறது. சாவுக் கடலின் நீரினுடைய ஒப்பு எடையே இதற்குக் காரணம். 27 சதவீதம் உப்பு அடக்கம் கொண்ட காஸ்பியன் கடலிலுள்ள காரா போகாஸ் கோல் என்னும் வளைகுடா, எல்ட்டன் ஏரி ஆகியவற்றின் நீர் அதே அதிவினோத இயல்புகளுள்ளதாய் இருக்கின்றது. (நிற்க, காரா போகாஸ் கோல் நீரின் ஒப்பு எடை 1.18. ''அடர்த்தி மிகுந்த இந்நீரில் பிரயாசை ஏதுமின்றி ஒருவன் நீந்தலாம்; எவ்வளவுதான் ஆர்க்கிமிடீஸ் சித்தாந்தத்தை மீற முயன்றி டினும் அதில் மூழ்கி விட முடியாது'' என்று பெல்ஷ் என்னும் ஆராய்ச்சியாளர் குறிப்பிட்டுள்ளார்.)

உப்பு நீரில் குளிக்கும் நோயாளிகளுக்கும் இதையொத்த அனுபவமே ஏற்படுகிறது. நீர் மிகவும் உப்பாக—எடுத்துக் காட்டாக, ஸ்தாரயா ரூஸ்ஸா ஆரோக்கிய நீரூற்றில் உள் ளதைப்போல் — இருந்தால், நீரில் அமிழ்ந்திருப்பதற்கு நோயாளி பெருமுயற்சி செய்யவேண்டியிருக்கிறது. ''குளிக்க

விடாமல் நீர் தன்னை வெளியே தள்ளுவதாக'' ஸ்தாரயாரூஸ்ஸாவில் ஒரு பெண் அலுத்துக் கொண்டதை நான் கேட்டிருக்கிறேன். அதற்கு நிர்வாகத்தினரே பொறுப்பாளிகள் என்று அவள் நினைத்துக் கொண்டுவிட்டாள்.

வெவ்வேறு கடல்களின் நீரிலும் வெவ்வேறு அளவுக்கு உப்பு கலந்திருக்கிறது, ஆகவே எங்கும் ஒரே ஆழத்துக்குக்



படம் 48. கப்பலின் நீர்க்கோட்டின் மீது சரக்குப் பளுக் குறிகள். மேலே வலம்: அதே குறிகள் பெரிதாக்கப்பட்டுள்ளன. எழுத்துக்கள் வாசகத்தில் விளக்கப்படுகின்றன.

கப்பல்கள் அமுங்கி மிதப்பது இல்லை. கப்பலின் உடற்பகுதியின் மீதுள்ள நீர்க் கோட்டிற்கு அருகே, வெவ்வேறு அடர்த்திகள் உள்ள நீர்களில் அமிழ்தல் வரம்புகளைக் குறிப்பிடும் ''லாய்ட் குறி'' எனப்படுவதை நீங்கள் பார்த்திருப்பீர்கள். எடுத்துக்காட்டாக, படம் 48இல் பளுக்குறி, அமிழ்தல் வரம்பைப் பின்வருமாறு குறிக்கின்றது:

FW (Fresh Water)—நல்ல நீரில்.

IS (Indian Summer)—இந்தியப் பெருங்கடலில் கோடையில்.

S (Summer)—உப்பு நீரில் கோடையில்.
W (Winter)—உப்பு நீரில் குளிர்காலத்தில்.
WNA (Winter North Atlantic)—குளிர்காலத்தில் வட அட்லான்டிக் பெருங்கடலில்.

இறுதியாக, எவ்விதமான கலப்புமில்லாத தூய நிலையிலும்கூட, சாதாரண நீரைவிடக் கனமான ஒருவகை நீர் இருப்பதைக் குறிப்பிட வேண்டும். அதன் ஒப்பு எடை 1.1; அதாவது, சாதாரண நீரைவிட அது 10 சதவீதம் அதிக கனமுள்ளது. இந்நீரினால் நிரப்பப்பட்டுள்ள ஒரு நீச்சல் குளத்தில் புதிதாக நீந்தக் கற்றுக் கொள்பவன்கூட மூழ்க மாட்டான். ''கன'' நீர் எனப்படும் இந்நீரின் இரசாயனக் குறியீடு D_2O என்பதாகும். (அதன் ஹைட்ரஜன் பகுதி சாதாரண ஹைட்ரஜன் அணுக்களைவிட இரு மடங்கு அதிக கனமான அணுக்களினால் ஆகியது; கன ஹைட்ரஜன் அணு D என்னும் எழுத்தினால் குறிக்கப்படுகிறது.) சாதாரண நீரில் சொற்ப அளவுக்கு—ஒவ்வொரு வாளிக்கும் எட்டு கிராம்—''கன'' நீர் உள்ளது.

D_2O வகையைச் சேர்ந்த ''கன'' நீர்—இதில் மொத்தம் பதினேழு வகைகள் உள்ளன—ஏறக்குறையத் தூய வடிவில், 0.05 சதவீதம் மாத்திரமே சாதாரண நீருடன் கலந்து, இப்போது பெறப்படுகின்றது. அணுமையத் தொழில் நுட்பவியலிலும், குறிப்பாய் அணு உலைகளிலும் ''கன'' நீர் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. தொழில் துறையிலும் பெருமளவில் அது சாதாரண நீரிலிருந்து தயாரிக்கப்படுகின்றது.

பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல் எவ்வாறு வேலை செய்கிறது

நீங்கள் குளிக்கும்போது பின்வரும் பரிசோதனையைச் செய்யுங்கள். நீர்த் தொட்டியைவிட்டு வெளியே வருவதற்கு முன், தொட்டியின் அடைப்பானை எடுத்துவிட்டுச் சற்று நேரம் குப்புறப் படுத்திருக்கவும். நீரிலிருந்து உடல் வெளிப்பட்டு வர வர, அது மேன்மேலும் கனமாவதை உணருவீர்கள். நீரில் இழந்த எடையை நீங்கள் எவ்வாறு மீண்டும் அடைகின்றீர்கள் என்பதைக் காண்பிக்கும் மிகத் தெளிவானதோர்

எடுத்துக்காட்டாகும் இது. குளியல் தொட்டி நிரம்பியிருந்த போது நீங்கள் எவ்வளவு கனம் குறைந்துவிட்டதாய்த் தோன்றியது என்பதை நினைவுபடுத்திக் கொள்ளவும். கடலில் ஏற்றம் வடியும் போது ஆழமில்லாத நீர்ப்பகுதியில் ஒதுக்கப்படும் ஒரு திமிங்கிலம் தன்னிச்சையின்றி இது போன்ற பரிசோதனையில் ஈடுபட நேர்ந்து, அதன் உயிருக்கே ஆபத்து ஏற்படக்கூடிய விளைவுகள் உண்டாகின்றன. அது தனது பிரம்மாண்டமான எடையினாலேயே நசுக்குண்டு மடிந்து போகிறது. எனவே நீரில்தான் திமிங்கிலத்தால் உயிர் வாழ முடியும். நீருக்குள்ள மிதக்கச் செய்யும் தன்மை யானது ஈர்ப்பினால் ஏற்படக்கூடிய உயிருக்கு ஆபத்தான விளைவிலிருந்து அதைப் பாதுகாக்கிறது.

இந்த விவரங்களுக்கும் பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல் களுக்கும் என்ன தொடர்பு என்று நீங்கள் வியப்புறலாம். பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல் செய்யும் வேலையும் இதே பௌதிகவியல் கோட்பாட்டையே அடிப்படையாகக் கொண்டதாகும். நீருக்கு வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் கப்பல் பகுதியின் எடை, மிதப்பு விசையால் ஈடு செய்யப் படாது போவதால், அது தனது ''உலர்ந்த'' (இயல்பான) எடையை அடைந்துவிடுகிறது. கப்பல் தனது முற்பகுதியினால் அழுத்தி முற்றிலும் இந்த அழுத்தத்தைக் கொண்டே பனிக் கட்டியைப் பிளக்கிறது என்று எண்ணிவிடாதீர்கள். சாதா ரணப் பனிக் கப்பல்தான் இப்படித் தனது முன்பகுதியின் அழுத்தத்தால் பனிக்கட்டியை உடைத்துச் செல்கிறது, அதுவும்கூட பனிக்கட்டி அதிக தடிமனாய் இல்லாதபோது தான் இவ்வாறு செய்ய முடியும்.

''கிராஸின்'', ''ஏர்மாக்'', அணுவிசைக் கப்பலான ''லெனின்'' போன்ற உண்மையான பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல்கள் முற்றிலும் வேறுவகையில் செயல்படுகின்றன. பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல் தனது முன்பகுதியினால் பனிக் கட்டியின் மேற்பரப்பின் மீது தாக்குகிறது—அதற்காகவே நீரினுள் அமிழ்ந்திருக்கும் கப்பலின் முன்பகுதி பெருமள விற்குச் சாய்வாய் அமைந்துள்ளது. நீருக்கு வெளியே அது எழும்போது, கப்பலின் முன்பகுதி தனது முழு எடையையும் ''மீண்டும் பெற்று''—''ஏர்மாக்கைப்'' பொறுத்தவரை இது 800 டன் அளவுள்ளதாகும்—பனிக்கட்டியை நொறுக்கிக்

கொண்டு செல்லுகிறது. அழுத்தத்தை அதிகரிக்கச் செய்வதற்கு, பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பலின் முன் பகுதியிலுள்ள தொட்டிகளில் நீர் நிரப்பப்படுகிறது.

பனிக்கட்டி நிரம்பவும் தடிமனாக இல்லாதபோது இம்முறை கையாளப்படுகிறது. பனிக்கட்டி சற்று அதிகத் தடிமனாக இருந்தால், முட்டித் தள்ளி அது தகர்க்கப்படுகிறது. பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல் முதலில் பின்னே நகர்ந்து, பிறகு முழு விசையுடன் முன்சென்று பனிக்கட்டியின் மீது முட்டித் தள்ளித் தாக்குகிறது. இப்போது செயல்படுவது கப்பலின் எடையன்று; கப்பல் நகருவதால் ஏற்படும் இயக்க ஆற்றலே. உண்மையில், கப்பலானது தொடர்ந்து இடித்துத் தகர்க்கும் இயந்திரம் ஒன்றைப் போல் பயன்படுத்தப் படுகிறது. பல மீட்டர் உயரமுள்ள, இறுகி நிற்கும் பனிக் கட்டிகள்கூட நோறுங்கிப் போகும் அளவிற்கு அடிகள் பலமாயிருக்கின்றன. ''ஸிபிரியக்கோவ்'' கப்பலில் நடைபெற்ற, 1932ஆம் வருடத்திய பிரபலமான ஆராய்ச்சிப் பயணத்தில் பங்கு கொண்ட ந. மார்க்கவ் என்னும் துருவப் பிரதேச ஆய்வாளர் கப்பல் எங்ஙனம் பனிக்கட்டியை உடைத்துக் கொண்டு சென்றது என்பதைப் பின்வருமாறு விவரித்துள்ளார்:

''பனிக்கட்டிப் பிரதேசத்தின் மத்தியில் நூற்றுக் கணக்கான பனிக்கட்டிப் பாறைகளின் இடையில் 'ஸிபிரியக்கோவ்' தனது 52 மணிநேரப் போராட்டத்தைத் துவக்கிற்று. 13 முழு முறை வேலை நேரத்திற்கு காப்டன் மேடையிலிருந்து 'முழு வேகத்துடன் பின் செல்லவும்', 'முழு வேகத்துடன் முன் செல்லவும்' என்னும் தந்தி உத்தரவு மாறிமாறி ஒலித்துக் கொண்டேயிருந்தது; கப்பலும் முழு வேகத்துடன் சென்று பனிக்கட்டியின்மீது தாக்கி தனது முன்பகுதியினால் அதை நொறுக்குவதும், பிறகு அதன் மீது ஏறி உடைத்துத் தள்ளுவதும், மறுபடியும் தாக்குவதற்குப் பின் செல்வதுமாக இருந்தது. முக்கால் மீட்டர் அளவிற்குத் தடிமனான பனிக் கட்டி அரும்பாடுபட்டபின் உடைக்கப்பட்டது. ஒவ்வொரு புதிய அடியையும் தொடர்ந்து கப்பலின் நீளத்தில் மூன்றில் ஒரு பங்குதான் நாங்கள் முன் செல்ல முடிந்தது.'' [உலகிலே மிகவும் பெரிய, சக்திமிக்க பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல்கள் சோவியத் நாட்டில் உள்ளன. அணு விசையால்

இயங்கும் பனிக்கட்டி உடைக்கும் கப்பல்களில் முதலாவதான ''லெனின்'' கப்பல் இரண்டு மீட்டர் பருமனுள்ள பனிக்கட்டியினூடே உடைத்துச் செல்ல வல்லது.—பதிப்பாசிரியர்.]

மூழ்கிப் போன கப்பல்களை எங்கே தேடுவது?

கடலில் விபத்துக்கு உள்ளாகி மூழ்கிவிடும் கப்பல்கள் கடலின் அடித்தரையை அடையாமல், குறிப்பிட்ட ஆழத்தில் தொங்கிக் கொண்டு நிற்பதாய் மாலுமிகளிலுங்கூட பலரும் நினைக்கின்றனர். ''மேலடுக்குகளுடைய அழுத்தத்தால் இந்தக் குறிப்பிட்ட ஆழத்தில் நீர் போதிய அளவு அடர்த்தியுடையதாகி விடுவதாகவும்'' ஆகவே கப்பல் இந்த ஆழத்தில் தொங்குவதாகவும் இவர்கள் கருதுகின்றனர்.

கடலினடியே இருபதினாயிரம் லீகுகள்* என்னும் நூலின் ஆசிரியரான ஜூல் வேர்னும் இதே கருத்தை ஆதரித்தார். இந்நூலில் அவர் அசையாது தொங்கிக் கொண்டிருக்கும் உடைந்துபோன கப்பல் ஒன்றை விவரிக்கின்றார். பிறிதோர் அத்தியாயத்தில் ''கடல் நீரில் தொங்கிக் கொண்டு மக்கிப் போன'' கப்பல்களைப் பற்றி நமக்கு நினைவுபடுத்துகிறார்.

இது சரிதானா?

கடலில் அதிக ஆழத்தில் நீரின் அழுத்தம் மெய்யாகவே மிகப் பெருமளவுள்ளதாயிருப்பதனால், இக்கருத்துக்கு நியாயம் இருக்கலாமென நீங்கள் நினைக்கக் கூடும். நீருக்கடியில் பத்து மீட்டர் ஆழத்தில் அமிழ்ந்திருக்கும் பொருளின் ஒவ்வொரு சதுர சென்டிமீட்டர் பரப்பின் மீதும் நீரானது 1 கிலோகிராம் அழுத்தத்தைச் செலுத்துகிறது. 20 மீட்டர் ஆழத்தில் இவ்வழுத்தம் 2 கிலோகிராம் ஆகவும், 100 மீட்டர் ஆழத்தில் 10 கிலோகிராம் ஆகவும், 1,000 மீட்டர் ஆழத்தில் 100 கிலோகிராம் ஆகவும் உள்ளது. மாகடலின் அடித்தரை பல இடங்களில் பல கிலோமீட்டர் ஆழத்தில், பசிபிக் மாகடலில் மாரியான் கடற்பள்ளத்தைப் போன்ற மிகமிக ஆழமான இடங்களில் 11 கிலோமீட்டர் ஆழத்தில்

---

* லீக் என்பது ஒரு நீட்டல் அலகு; 4 கிலோமீட்டர் மதிப்புள்ளது.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

கூட, இருப்பது நாம் அறிந்ததே ஆகும். மிகவும் ஆழமான இது போன்ற இடங்களில் நீரும் அதிலுள்ள ஒவ்வொன்றுமே மிகப் பெரும் அழுத்தத்திற்கு உள்ளாக வேண்டியிருக்கும் என்பது தெளிவு.

தக்கையினுல் மூடப்பட்ட காலி சீசா ஒன்றை மிக்க ஆழத்தில் செலுத்தி, அதை மீண்டும் வெளியே எடுத்தால், தக்கை சீசாவினுள் தள்ளப்பெற்று சீசாவில் நீர் நிரம்பியிருப்பதைக் காணலாம்—மிகுந்த ஆழத்தில் நீர் செலுத்தும் அழுத்தமே இதற்குக் காரணம். ''மாகடல்'' என்னும் தமது நூலில் ஜான் மர்ரே என்னும் பிரபல சமுத்திரவியலாளர் பின்வரும் பரிசோதனையை விவரித்துள்ளார். இரு புறங்களிலும் அடைத்து மூடப் பெற்ற, வெவ்வேறு அளவுள்ள மூன்று கண்ணுடிக் குழாய்கள் துணியினுல் சுற்றப்பட்டு, நீரை உள்ளே விடுவதற்கான துளைகளையுடைய செப்பு உருளைக் கலம் ஒன்றில் வைக்கப்பட்டன. அந்த உருளைக் கலம் நீருக்கு அடியில் 5 கிலோ மீட்டர் ஆழத்திற்கு அனுப்பப்பட்டு, பின்னர் வெளியே கொண்டுவரப்பட்டது. துணியைப் பிரித்தபோது, வெண் பனிபோன்று தோற்றமளித்த நொறுங்கிய கண்ணுடித் தூள் காணப்பட்டது. மரத் துண்டுகளை இந்த அழுத்தத்துக்கு அனுப்பி மீண்டும் வெளியே எடுத்தபோது அவை கற்களைப் போல் நீரில் மூழ்கும்படி அவ்வளவு பலமாய் இறுக்கமடைந்திருந்தன. எனவே நீருக்கடியில் மிகவும் ஆழ்மட்டங்களிலுள்ள இந்த மாபெரும் அழுத்தமானது இவ்வாழங்களில் நீரை அடர்த்தி மிக்கதாக்கிவிடும் என்றும், பாதரசத்தில் இரும்புக் கட்டி மூழ்காதிருப்பது போல கனமான பொருள்களும் இந்த அடர்த்தியான நீரில் மூழ்கிக் கீழே செல்லாமல் நிற்கும் என்றும் நினைக்கத் தோன்றும். இப்படி நினைப்பது முற்றிலும் தவருகும். பொதுவாக எல்லாத் திரவங்களையும் போலவே நீரும் மிக மிகச் சிறிய அளவிற்கே இறுக்கமடைகிறது என்பதைப் பரிசோதனைகள் காண்பித்துள்ளன. ஒவ்வொரு சதுர சென்டிமீட்டருக்கும் ஒரு கிலோகிராம் அளவுள்ள அழுத்தத்தின் கீழ் இருபத்திரண்டாயிரத்தில் ஒரு பங்கு தான் அது தனது கனபரிமாணத்தில் இறுகுகிறது; இறுக்கத்தின் வீதமும் ஒவ்வொரு கிலோகிராம் அதிக அழுத்தத்திற்கும் அதே அளவிலேயே அதிகரிக்கின்றது. நீரில் இரும்பு மிதக்க வேண்டுமாஞல், நீரை எட்டு மடங்கு அதிக அடர்த்தி

யுள்ளதாகச் செய்ய வேண்டும். ஆனால், அதை இரு மடங்கு அடர்த்தியுள்ளதாகச் செய்வதற்கு, அதாவது, அதன் கன பரிமாணம் பாதி அளவாகும்படி அதை இறுக்குவதற்கு, ஒரு சதுர சென்டிமீட்டருக்கு 11,000 கிலோகிராம் அழுத்தத்தைச் செலுத்தியாக வேண்டும்; அது சாத்தியமென வைத்துக் கொண்டாலுங்கூட, அவ்வளவு அழுத்தத்தை 110 கிலோ மீட்டர் ஆழத்தில்தான் நாம் அடையக் கூடும்.

ஆக, கடலில் பெரும் ஆழங்களிலும் குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்கு இறுக்கம் ஏற்பட முடியாது; ஏனெனில் அதிகபட்ச ஆழமுள்ள இடத்தில்கூட, நீரானது இறுக்கத்தினால் தனது கனபரிமாணத்தில் 5 சதவிகித அளவையே இழக்கின்றது. (ஈர்ப்பு செயல்படுவது திடீரென நின்றுபோய், நீர் எடை யற்றது ஆகிவிட்டால், ஈர்ப்பு காரணமாக இறுக்கமுற்றிருக் கும் நீர் தனது இயற்கையான கனபரிமாணத்தை அடைந்து, கடல்களிலுள்ள நீரின் மட்டம் சராசரி 35 மீட்டர் உயரும் என்று பிரிட்டிஷ் பௌதிகவியலறிஞரான டேட் கணக்கிட் டுள்ளார். இவ்வாறு நிகழும்போது, ''கடல்களிலுள்ள நீர் இறுக்கமுற்றிருப்பதனாலேயே உலர்ந்த நிலமாக இருந்து வரும் 50 லட்சம் சதுர கிலோமீட்டர் பரப்புள்ள தரையைக் கடல் வெள்ளத்திற்குள்ளாக்கிவிடும்'' என்று பெர்ஜே குறிப் பிட்டுள்ளார்.) இத்துணை ஆழங்களில் இருக்கும் எல்லாத் திடப் பொருள்களும்கூட அதே அழுத்தத்திற்கு உட்பட்டு இறுகு வதனால், இந்த இறுக்கம் மிதப்புத் தன்மையைப் பெரிதும் பாதிக்காது.

எனவே, விபத்துக்குள்ளாகி முழுகும் கப்பல்கள் கடலில் அடித்தரைக்கு மூழ்குகின்றன என்பது குறித்துச் சந்தே கமே இருக்க வேண்டியதில்லை. ''ஒரு குவளையிலுள்ள நீரின் அடிமட்டத்துக்கு மூழ்கும் எதுவுமே அதிக ஆழங் கொண்ட கடலாயினும் அடித்தரைக்கு மூழ்கிவிடும்'' என்று மர்ரே கூறுகிறார்.

பின்வரும் ஆட்சேபணையையும் நான் கேள்விப்பட்டிருக் கிறேன். ஒரு குவளையை அடிப்புறம் மேலாகக் கவனமாய் நீரில் அமிழ்த்தினால், அது தனது எடைக்குச் சமமான எடை யுள்ள நீரை இடம் பெயரச் செய்வதால் அது அந்நிலையிலே யே இருக்கலாம். இன்னும் கனமான உலோகத்தினாலாகிய குவளையும் அடிமட்டத்துக்கு மூழ்கிவிடாமல், நீர் மட்டத்

திற்குக் கீழாகக்கூட அதே நிலையில் இருக்கலாம். எனவே, கவிழ்ந்துபோன போர்க் கப்பலோ, வேறு எந்தக் கப்பலோ பாதி ஆழத்திலேயே நின்றுவிடலாம் எனக் கூறப்படுகிறது. கப்பலின் அறைகளிலுள்ள காற்று வெளியே போவதற்கு வழி இல்லாது போனால், கப்பல் குறிப்பிட்ட ஆழம் வரை அமிழ்ந்து அங்கேயே (மேலும் கீழே செல்லாது) நின்றுவிடலாம். எத்தனையோ கப்பல்கள் குப்புற அமிழ்கின்றனவே; எனவே, அவற்றில் சில அடித்தரையை அடையாமல் கடலின் இருண்ட ஆழங்களில் இன்னமும் தொங்கிக் கொண்டிருப்பது சாத்தியம்தானே? அவற்றின் சமநிலையைக் குலைத்து, அவற்றை நிமிர்த்து, நீரினால் நிரப்பிக் கடலில் அடித்தளத்திற்கு அனுப்புவதற்கு அவற்றை இலேசாகத் தள்ளினால் போதும். ஆயினும் கடலில் ஆழமட்டங்களில் — கடும் புயல்களினால் கூட ஒரு விளைவும் ஏற்படாத, நிரந்தர அமைதியும் நிசப்தமும் நிலவும் இந்த ஆழங்களில்—அதிர்ச்சிகள் ஏற்படுமென எதிர்பார்க்க முடியுமா?

இவ்வாதங்கள் எல்லாம், தவறான பௌதிகவியல் கருத்து ஒன்றை ஆதாரமாகக் கொண்டிருப்பவை. கவிழ்க்கப்பட்ட குவளை தானாகவே அமிழ்வதில்லை. மரத்துண்டு ஒன்றையோ, தக்கையினால் மூடப்பெற்றுள்ள காலி சீசாவையோ போல அதுவும் ஏதேனும் புற சக்தியினால்தான் நீருக்குள் மூழ்கடிக்கப்பட வேண்டும். கவிழ்ந்து போன கப்பலும் அவ்வகையில் வேண்டுமானால் மிதக்கும் நிலையில் இருக்கும்—மேல்மட்டத்திற்கும் அடித்தளத்திற்கும் நடுவே மட்டும் ஒரு போதும் இராது.

ஜூல் வேர்ன், எச். ஜி. வெல்ஸ் ஆகியோரின் கனவுகள் எவ்வாறு நனவாயின

இன்றைய நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் ஜூல் வேர்னின் கற்பனையான ''நாட்டிலஸ்'' நீர்மூழ்கிக் கப்பலையும் சில அம்சங்களில் விஞ்சிவிட்டன. அவற்றின் வேகம் என்னவோ அதனுடையதில் பாதிதான் (ஜூல் வேர்ன் குறிப்பிட்ட மணிக்கு 50க்கு மாறாக 24 கடல் மைல்கள்* மட்டுமே); அவை செய்யக்

*ஒரு கடல் மைல் சுமார் 1.8 கிலோமீட்டர் நீளம் உள்ளது.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

கூடிய மிக நீண்ட பயணம் பூமியை ஒரு முறை சுற்றி வரும் பயணம்தான்; காப்டன் நேமோ இதைப் போல் இரு மடங்கு தொலைவு பயணம் செய்தார். ஆனால், ''நாட்டிலஸ்'' 1,500 டன் நீர்ப்பெயர்ச்சியையும் சுமார் 30 சிப்பந்திகளையுமே கொண்டிருந்தது; 48 மணி நேரத்திற்கு அதிகமாக அதனால் அமிழ்ந்திருக்க முடியவில்லை. பிரெஞ்சுக் கப்பற்படை 1929இல் கட்டிய ''சுர்கூப்'' என்னும் 3,200 டன் நீர்மூழ்கிக் கப்பலில் 150 சிப்பந்திகள் இருந்தனர்; மேற்பரப்பிற்கு வராமல் 120 மணி நேரம் அதனால் நீரில் அமிழ்ந்திருக்க முடிந்தது. [அணுவிசையால் இயங்கும் தற்காலத்து நீர் மூழ்கிக் கப்பல்கள், இதுகாறும் கண்டறியப்படாத கடலாழங்களில் நாம் விரும்பும் மார்க்கங்களில் செல்கின்றன. அவற்றில் இருக்கும் எளிதில் தீர்ந்து போகாத விசையானது, நெடு நேரம் மேற்பரப்புக்கு வராமலே நீருக்கடியில் பயணம் செய்ய வசதி செய்து தருகின்றது. அணு விசையால் இயங்கும் சோவியத் நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களின் பிரிவு ஒன்று அண்மையில் மேற்பரப்புக்கு வராமலே பூமியைச் சுற்றி வந்தது. —பதிப்பாசிரியர்.]

வழியில் ஒரு துறைமுகத்தில்கூட நிற்காமல், ''சுர்கூப்'' பிரான்ஸிலிருந்து மடகாஸ்கருக்குப் பயணம் செய்யமுடிந்தது. பயண வசதிகளைப் பொறுத்தவரையில் காப்டன் நேமோவின் கப்பலை விஞ்சியதாகவே அது இருந்தது. அது மட்டுமன்றி, வேவு பார்க்கும் கடல் விமானத்திற்கான நீர்புகாக் கொட்டகை ஒன்றும் அதில் இருந்தது. மேலும், ஜூல் வேர்ன் தமது ''நாட்டிலஸ்ஸில்'' நீருக்கடியிலிருந்து மேற்பரப்பைக் காண்பதற்கான பெரிஸ்கோப் கருவியை அமைத்திருக்கவில்லை என்பதையும் கவனிக்கவும்.

நாம் தயாரிக்கும் நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் ஜூல் வேர்னினுடைய கப்பலைவிட ஒரேயோர் அம்சத்தில்தான் — நீரில் மூழ்கும் ஆழத்தில் மட்டும்தான்—மட்டமாய் இருக்கின்றன. ஆனால் இதில் ஜூல் வேர்னின் கற்பனை உண்மைச் சாத்தியப்பாட்டைப் பெரிதும் கடந்துவிடுகிறது. ''காப்டன் நேமோ கடல் மட்டத்திற்குக் கீழே 3, 4, 5, 7, 9, மற்றும் 10 ஆயிரம் மீட்டர் வரை சென்றதாய்'' நாம் ஓரிடத்தில் படிக்கிறோம். அதற்குமுன் ஒருபோதும் கண்டிராத 16,000 மீட்டர் ஆழத்திற்கு ''நாட்டிலஸ்'' ஒரு சமயம் சென்றது. கதைத் தலை

வர் கூறுகிறார்: ''நீர்மூழ்கிக் கப்பலின் இரும்புத் தகடுகளின் ரிவெட்டுகள் அதிர்வதை உணர்ந்தேன். சாளரங்கள் நீரின் அழுத்தத்தால் உள்நோக்கி வளைவதையும் கண்டேன். எங்களது கப்பல் மட்டும் அவ்வளவு உறுதியாக இல்லாதிருந்தால் கணப்பொழுதில் அது நசுக்கப்பட்டிருக்கும்.'' அவருடைய இந்த அச்சத்திற்கு நல்ல காரணம் இருந்தது; ஏனெனில் 16 கிலோமீட்டர் ஆழத்தில்—அப்படிப்பட்ட ஆழங்கள் உண்மையாகவே இருந்தால்—நீரின் அழுத்தம்

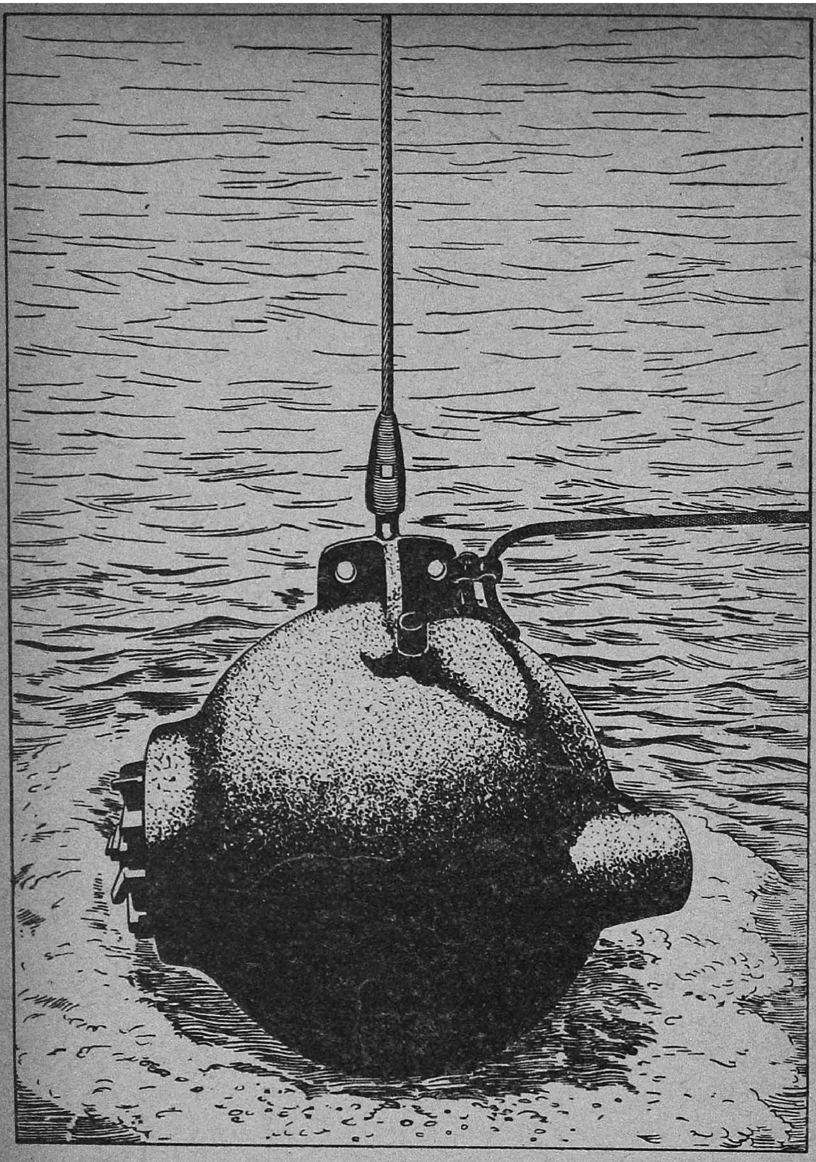
16,000 : 10 = 1,600 கிலோகிராம்/சென்டிமீட்டர்^{2}

அல்லது, 1,600 டெக்னிக்கல் வளிமண்டல அழுத்தங்கள்* அளவுள்ளதாயிருக்க வேண்டும். இரும்பை அது நொறுங்கச் செய்யாது என்றாலும் நிச்சயம் அதை வளைத்துவிடும்.

ஆனால் சமுத்திரவியலாளர்கள் இத்தகைய ஆழங்களை அறிந்திலர். ஜூல் வேர்ன் காலத்தில்—அந்நாவல் 1869இல் எழுதப்பட்டதாகும்—கடலாழங்களின் மதிப்பு குறித்து வழக்கிலிருந்த மிகைப்படுத்தப்பட்ட கருத்திற்குக் காரணம், கடல் ஆழம் கணக்கிடுவதற்குக் கையாளப்பட்ட குறைபாடான முறைகளே ஆகும். அக்காலத்தில் ஆழமறிவதற்கான வடமாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது கம்பியன்று, சணல் கயிறுதான். அது அதிக ஆழம் செல்லச் செல்ல, நீரின் உராய்வும் அதிகமாகி, குறிப்பிட்டதோர் ஆழத்தில் மேலும் அமிழாமல் நின்றுவிட்டது. கயிறு சிக்கலுற்று, அதன் விளைவாக, பெரும் ஆழங்கள் இருப்பதாய்த் தவறான எண்ணத்தை உண்டாக்கியது.

நவீன நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களால் 25 வளிமண்டல அழுத்தத்துக்கு அதிகமான அழுத்தத்தைத் தாங்க முடியாது—

* பூமியைச் சுற்றியுள்ள வளிமண்டலம் செலுத்தும் அழுத்தம் வளிமண்டல அழுத்தமாகும். திட்ட வளிமண்டல அழுத்தம், கடல் மட்டத்தில் பூஜ்யம் சென்டிக்ரேட் டிகிரி வெப்பநிலையில் 45டிகிரி அட்சரேகையிலுள்ள அழுத்தமாகும்; சதுர சென்டிமீட்டருக்கு 1,033 கிராம் எடையுள்ளது; 760 மில்லிமீட்டர் பாதரசத் தூணின் அழுத்தத்திற்குச் சமமானது. டெக்னிக்கல் வளிமண்டல அழுத்தம் 0.968 திட்ட வளிமண்டல அழுத்தத்துக்குச் சமமானது. மாபெரும் அழுத்தங்களை வளிமண்டல அழுத்த அலகுகளிலேயே இத்தனை ''வளிமண்டலங்கள்'' என்று குறிப்பிடுவது வழக்கம்.—**மொழிபெயர்ப்பாளர்.**



படம் 49. வில்லியம் பீப் 1934இல் கடலுக்கு அடியில் 923 மீட்டர் ஆழம்வரை சென்ற, உருக்கு ஆழ்கோளம். அதன் சுவர்கள் 4 சென்டிமீட்டர் தடிமனுள்ளவை; கோளத்தின் எடை 2.5 டன்; அதன் குறுக்களவு 1.5 மீட்டர்.

அதாவது அவை 250 மீட்டர் ஆழத்திற்கு மேல் மூழ்க முடியாது. கடலாழங்களில் உள்ள உயிரினங்களை ஆராயும் பொருட்டு சிறப்பாக அமைக்கப் பெற்ற ஆழ்கோளம் (படம் 49) என்பதில் மேலும் அதிகமான ஆழங்களுக்குச் சென்றிருக்கின்றனர். அது ஜூல் வேர்னின் ''நாட்டிலசைப்'' போன்றதல்ல; எச். ஜி. வெல்ஸ் ''கடல் வேடர்கள்'' என்னும் தமது புத்தகத்தில் கூறும் தடிமனான சுவருடைய உருக்குக் கோளம் போன்றதாகும். கடலில் 9 கிலோமீட்டர் ஆழத்திலுள்ள அடித்தரைக்குச் செல்லும் ஒருவரின் துணிகரச் செயல்களை அவர் இதில் விவரிக்கிறார். கம்பியின் துணையின்றி இக்கோளம் ஒரு பளுவினால் அழுத்தப்பட்டு மூழ்கியது. கடலின் அடித்தளத்தை அடைந்தவுடன் பளு அகற்றப்பட்டது; கோளமும் மேற்பரப்பிற்கு விரைந்தது. ஆழ்கோளங்களில் விஞ்ஞானிகள் 900 மீட்டருக்கு அதிகமான ஆழங்களுக்குச் சென்றிருக்கின்றனர். ஆழ்கோளம் கப்பலிலிருந்து ஒரு கம்பி வடத்தின் மூலம் இறக்கப்படுகிறது; நீர்க்கடியிலிருந்து ''பயணி'' கப்பலுடன் தொலைபேசியின் வாயிலாகத் தொடர்பு கொண்டு பேசுகிறார்.

அண்மையில், நீரில் ஆழ்மட்டங்களுக்கு மூழ்கும் சாதனமான மூழ்கிக் கலன் இஞ்சினியர் வில்மாவின் மேற்பார்வையின் கீழ் பிரான்ஸிலும், பெல்ஜியப் பேராசிரியர் பீக்கார் என்பவரால் இத்தாலியிலும் நிருமிக்கப்பட்டது. மூழ்கிக் கலன்கள் ஆழ்கோளங்களிலிருந்து வேறுபடுகின்றன. மூழ்கிக் கலன்களில் மிகுந்த ஆழங்களிலும் பயணம் போக முடியும் ஆழ்கோளங்களோ இணைப்பு வடத்தினால் கப்பலுடன் கட்டுண்டிருப்பவை. முதலில் பீக்கர்ர் மூன்று கிலோமீட்டருக்கும் அதிகமான ஆழம்வரை சென்றார். பிறகு கீயோம், வில்மா என்னும் பிரெஞ்சுக்காரர்கள் இருவரும் 4,050 மீட்டர் ஆழத்துக்குச் சென்றனர். 1959 நவம்பரில் ஒரு மூழ்கிக் கலன் 5,670 மீட்டர் ஆழத்துக்குச் சென்றது. ஆனால், இது கூட அதிகப்பட்ச அளவன்று. 1960 ஜனவரி 9 அன்று பீக்கார் 7,300 மீட்டர் ஆழத்திற்குச் சென்றார். உலகத்திலேயே அதிகப்பட்ச ஆழமுள்ள இடமாகக் கருதப்படும் மாரியான் கடற்பள்ளத்தின் அடிமட்டத்துக்கு (11.5 கி. மீ.) அவர் ஜனவரி 23இல் சென்று வந்தார்.

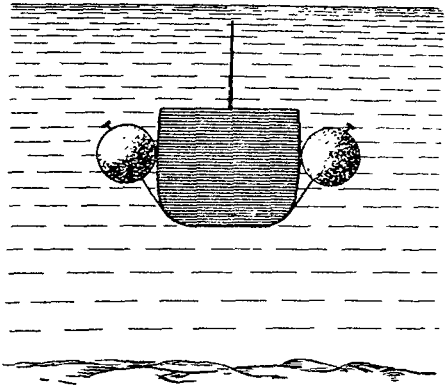
மூழ்கிய ''சாத்கோ'' கப்பல் மீண்டும் எப்படி மிதக்க விடப்பட்டது

ஆண்டுதோறும், முக்கியமாய்ப் போர்க் காலங்களில், பெரியனவும் சிறியனவுமான ஆயிரக்கணக்கான கப்பல்கள் உடைந்து மூழ்கிவிடுகின்றன. இக்கப்பல்களில் சற்று அதிக மதிப்புடையவையும் சற்றுச் சுலபமாய்ச் சென்றடையக் கூடியவையுமானவை கடந்த இருபது, முப்பது ஆண்டுகளில் மீண்டும் மிதக்க விடப்பட்டுள்ளன. நீருக்கு அடியிலான பணித் துறையைச் சேர்ந்த சோவியத் இஞ்சினியர்களும் நீர்மூழ்குவோரும் பெருந்தொகையான கப்பல்களை வெற்றி கரமாக மேலே கொணர்ந்து உலகப் புகழ்பெற்றிருக் கின்றனர். இவற்றுள் மிகப் பெரியது பனிக்கட்டி உடைக்கும் ''சாத்கோ'' கப்பல். இக்கப்பல் அதன் தலைவனுடைய கவனக் குறைவால் 1916 இல் சேதமுற்று மூழ்கிவிட்டது. கடலுக்கு அடியில் 17 ஆண்டுகள் இருந்தபின், இது மேலே கொண்டுவரப்பட்டு மீண்டும் மிதக்கவிடப்பட்டது.

இதற்குக் கையாளப்பட்ட முறை ஆர்க்கிமிடீஸ் கோட் பாட்டை முழுதும் அடிப்படையாகக் கொண்டதாகும். 25 மீட்டர் ஆழத்தில் கடலின் அடித்தரையில், மூழ்கிய கப்ப லுக்கு அடியில் 12 குடைவுகளைத் துளைத்து, ஒவ்வொன்றி னுள்ளும் வலுவான உருக்கு வடங்களைப் புகுத்தி இழுத்தனர். காலி உருளை மிதப்புகளை நீருக்குள் அடித்தரைக்கு அமிழ்த்தி அவற்றுடன் இந்த வடங்களின் முனைகளை இணைத்தனர். இந்த உருளைகள் படம் 50இல் காட்டப்படுகின்றன. இவை 11 மீட்டர் நீளமும் 5.5 மீட்டர் விட்டமும் கொண்ட நீர் புக முடியாத காலி நீள் உருளைகள். ஒவ்வொரு உருளையும் சுமார் 250 கன மீட்டர் பரிமாணமுள்ளது; காலியாய் இருக் கையில் 50 டன் எடையுள்ளது. எடையில் 50 டன்னே உள்ள இந்த நீள் உருளை 250 டன் நீரைப் பெயர்த்து அகற்று வதாய் இருப்பதால் காலியாய் இருக்கையில் அது நீருக்குள் மூழ்காது. உள்ளே நீரை நிரப்பியே இந்த உருளைகள் கடலின் அடித்தரைக்கு மூழ்க்கடிக்கப்பட்டன.

நீரில் அமிழ்த்தப் பெற்ற உருளைகளுடன் உருக்கு வடங் களின் முனைகள் வலுவாக இணைக்கப்பட்ட பின்னர் (படம் 50), இறுக்கப்பட்ட காற்று இவ்வுருளைகளினுள் செலுத்தப்பட்

டது. 25 மீட்டர் ஆழத்தில் நீரானது $25/10 + 1$, அதாவது 3.5 வளிமண்டல அழுத்தத்துக்குச் சமமான அழுத்தத்தைச் செலுத்துகிறது. 4 வளிமண்டல அழுத்தத்தில் காற்று உள்ளே செலுத்தப்பட்டது. இவ்விதம் உருளைகளுக்குள்ளிருந்து நீர் வெளியேற்றப்பட்டது. உருளைகள் காலியானதும் நீர் அவற்றை அபார வலிவுடன் மேற்பரப்பிற்குத் தள்ளிற்று.



படம் 50.''சாத்கோ'' எப்படி மேலே கொண்டுவரப்பட்டது.

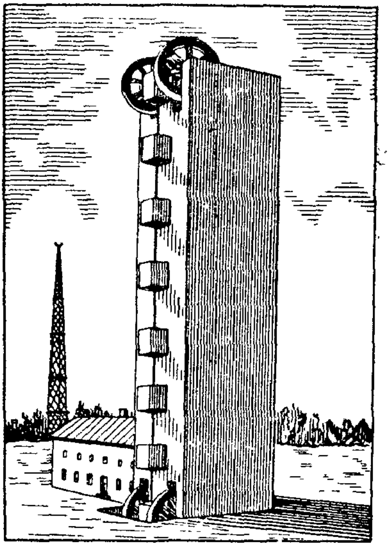
பயன்படுத்தப்பட்ட பன்னிரண்டு உருளைகளின் மொத்தத் தூக்குத் திறன் $200 \times 12 = 2,400$ டன். ''சாத்கோவின்'' எடையைவிட இது அதிகமாயிருந்ததனால், கப்பல் மிருதுவாக மேலே உயரும் பொருட்டு, எல்லா நீரும் வெளியேற்றப் படவில்லை. இருந்தபோதிலும் பல முயற்சிகள் வீணான பிறகே கப்பல் மேற்பரப்புக்குக் கொண்டுவரப்பட்டது. ''நாங்கள் வெற்றி பெறுவதற்குமுன் நான்கு தடவை தோல்வியுற்றோம். கப்பல் மேலே வருமென்று எதிர்பார்த்து மூச்சைப் பிடித்துக் கொண்டு மூன்று முறை நாங்கள் காத்துக் கொண்டிருக்கையில், கப்பலுக்குப் பதிலாய் உருளைகளும் துண்டிக்கப்பட்ட வருங்களும் குழாய்களும் விம்மிப் புடைத்தெழுந்த அலைகளிடையிலும் பொங்கும் நுரையினிடையிலும் சுழன்று வருவதைக் கண்டோம். பிறகு இரு முறை கப்பல் மேல்பரப்புக்கு வந்து மீண்டும் மூழ்கிவிட்டது. இதன் பின்னரே

முடிவாய் அதை மிதக்க விட முடிந்தது'' என்று இந்த வேலைக்குத் தலைமை தாங்கிய இஞ்சினியர் தி. அ. பப்ரீத்ஸ்கி எழுதினர்.

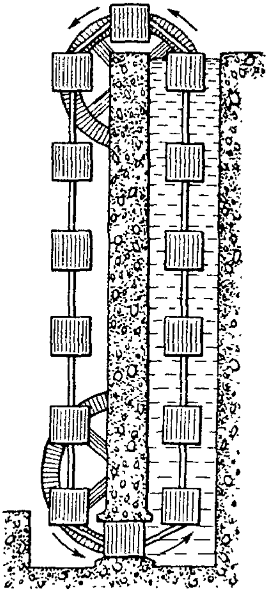
''நிரந்தர இயக்க'' நீர் இயந்திரம்

''நிரந்தர இயக்க இயந்திரத்தை'' அமைப்பதற்கான எண்ணற்ற திட்டங்களில் பல, நீரின் இந்த மிதக்க வைக்கும் திறனை அடிப்படையாய்க் கொண்டவை. இத்திட்டங்களில் ஒன்று வருமாறு: கோபுரம் போல் 20 மீட்டர் உயரமுள்ள ஒரு தொட்டி நீரால் நிரப்பப்பட்டது; அதன் உச்சியிலும் அடியிலும் இணைக்கப்பட்ட கப்பிகளின் வழியாய்ப் பட்டை வடம் ஒன்று ஓடிக் கொண்டிருக்கிறது; நீர் புகமுடியாதபடி இரும்புத் தகடுகளினால் தயாரிக்கப்பட்ட ஒரு மீட்டர் உயர முள்ள கன சதுர வடிவம் கொண்ட 14 காலிப் பெட்டிகள் இந்த வடத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. இந்தக் கோபுரத்தையும் இதன் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தையும் படங்கள் 51உம் 52உம் காட்டுகின்றன. இந்த இயந்திரம் எப்படி இயங்குமென எதிர்பார்க்கப்பட்டது? ஆர்க்கிமிடீஸ் கோட்பாட்டின்படி, நீரில் மூழ்கிய பெட்டிகள் நீரின் மேற் பரப்புக்கு உந்தித் தள்ளப்படும்; அவை பெயர்த்து அகற் றும் நீரின் எடைக்கு—அதாவது கன மீட்டர் நீரின் எடையை மூழ்கியுள்ள பெட்டிகளின் எண்ணிக்கையால் பெருக்கி வரும் தொகைக்கு—சமமான விசையுடன் உந்தித் தள்ளப்படும். எப்பொழுதும் 6 பெட்டிகள் நீரில் மூழ்கியிருப்பதைப் படங் களில் காணலாம். ஆகவே நீரின் மிதக்க வைக்கும் ஆற்றலால் ஏற்படும் இந்த உந்து விசை ஆறு கனமீட்டர் நீரின் எடை யாகும், அதாவது 6 டன் எடையாகும். இந்தப் பெட்டிகள் தமது எடையால் கீழே இழுக்கப்படும் என்பது மெய்தான், ஆனல் கோபுரத்துக்கு வெளியியே வடத்தில் தொங்கும் ஏனைய ஆறு பெட்டிகளின் எடை இதை ஈடுசெய்துவிடும்.

ஆக, 6 டன் விசையுடன் வடம் மேல்நோக்கி இழுக்கப்பட வேண்டும். இது வடத்தை முடிவில்லாது சுற்றும்படியும், ஒவ்வொரு சுற்றிலும், $6{,}000 \times 20 = 1{,}20{,}000$ கிலோகிராம்/ மீட்டர் வேலை புரியும்படியும் செய்ய வேண்டும் என்றே தோன்றுகிறது.



படம் 51. நீரினுல் இயங்கும் கற்பனை ''நிரந்தர இயக்க'' இயந்திரம்.



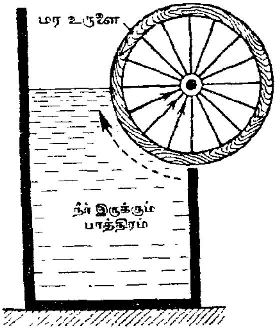
படம் 52. முந்திய படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ள கோபுரத் தின் குறுக்கு வெட் டுத் தோற்றம்.

எனவே, நாடு பூராவிலும் இத்தகைய கோபுரங்களை அமைத்துவிட்டால், எல்லையில்லாத அளவிற்கு அவற்றை வேலை புரியச் செய்துவிடலாம், மின்னுக்கிகளின் உருளைகளைச் சுழல வைத்து அவை வேண்டிய அளவு மின்விசை உற்பத்திச் செய்யுமாதலால், எப்படியும் பொருளாதாரத் தேவைகள் அனைத்தையும் பூர்த்தி செய்து கொண்டுவிடலாம்.

ஆனுல் இந்தத் திட்டத்தை ஆராய்ந்து பார்ப்போமா யின், வடம் சுற்றிச் செல்லாது, அசையாமலே நிற்கும் என்பது தெரியவரும். உண்மையில், வடம் நகருவதற்கு, பெட்டிகள் கோபுரத்திலுள்ள நீருக்குள் அடிப் பகுதியில் நுழைந்து, உச்சி யில் மீண்டும் வெளிவர வேண்டும். ஆனுல், நீரில் நுழைவதற்கு ஒவ்வொரு பெட்டியும் 20 மீட்டர் உயரமுள்ள நீர்த்தூணின்

அழுத்தத்தைச் சமாளித்தாக வேண்டும். பெட்டியின் ஒரு சதுர மீட்டர்ப் பரப்பின்மீது இத்தூண் செலுத்தும் அழுத்தம் 20 டன்—20 கன மீட்டர் நீரின் எடை—ஆகும். ஆனால், மேல் நோக்கி இழுக்கும் விசை 6 டன் அளவேயுள்ளதாக இருக்கிறது; பெட்டியை நீருக்குள் தள்ளுவதற்கு இது போதவே போதாது.

அபாக்கியவாதிகளான கிறுக்கர்கள் பலராலும் நூற்றுக் கணக்கில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட, ''நிரந்தர இயக்க'' நீர் விசை இயந்திரங்களில் எளிமையும் சுவையும் மிக்க சில அமைப்புக்கள் இருப்பதைக் காணலாம். இவற்றுள் ஒன்றைப் படம் 53 காட்டுகிறது. படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டுள்ள மர உருளை ஓர் இருசின் மீது பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. இதன் ஒரு பகுதி எப்போதும் நீருக்கடியில் அமிழ்ந்திருக்கின்றது. ஆர்க்கிமிடீஸ் கோட்பாட்டின்படி, நீரில் அமிழ்ந்துள்ள பகுதி நீரின் மேல் மட்டத்திற்கு வரவே எப்போதும் முற்பட வேண்டும். மிதக்க வைக்கும் உந்து விசை இருசின் உராய்வை விட அதிகமாயிருப்பதனால் உருளை முடிவில்லாது சுழன்று கொண்டே இருக்க வேண்டும். ஆனால் அவசரப்படாதீர்கள்! இத்திட்டத்தைச் செயல்படுத்த முயன்றால் நீங்கள் தோல்வியுறுவது நிச்சயம். உருளை சுற்றவே சுற்றாது. ஏன்? ஏனெனில், விசைகள் செயல்படும் திசை கணக்கிலெடுத்துக் கொள்ளப்படவில்லை. இந்த விசைகள் உருளையின் பரப்பிற்கு நேர்க்குத்தாகவே எப்போதுமிருக்கும்; அதாவது இருசை நோக்கி ஆரங்களின் திசையிலேயே இருக்கும். ஆரத்தின் திசையில் விசையைச் செலுத்தி ஒரு சக்கரத்தைச் சுழலச் செய்ய முடியாது என்பது உங்களுக்குத் தெரிந்ததுதான். விசையை ஆரத்திற்கு நேர்க்குத்தான திசையில் — அதாவது சக்கரத்தின் பரிதிக்குத் தொடுகோட்டுத் திசையில் — செலுத்த



படம் 53. நீரினால் இயங்கும் ''நிரந்தர இயக்க'' இயந்திரத்திற்கான பிறிதொரு திட்டம்.

வேண்டும். ''நிரந்தர இயக்கத்தைத்'' தோற்றுவிக்கும் முயற்சி மீண்டும் தோல்வியுற்றதன் காரணம் இப்போது விளங்குகிறது அல்லவா?

''நிரந்தர இயக்கத்துக்குத்'' திட்டமிடும் எண்ணில் அடங்காத கிறுக்கர்களுக்கு ஆர்க்கிமிடீஸ் கோட்பாடு ஊக்க மளித்திருக்கிறது. நீரில் மூழ்கும் பொருளின் எடையில் ஏற் படுவதாய்த் தோன்றும் இழப்பைப் பயன்படுத்தி நிரந்தர இயந்திர ஆற்றலைப் பெறுவதற்கான மிகப் பல நூதன ஏற் பாடுகளை அமைக்கும்படி இவர்களைத் தூண்டியிருக்கிறது. ஆனால் இம்முயற்சிகள் வெற்றி பெற்றதில்லை, இனியும் வெற்றி பெறப் போவதில்லை.

எளியதாய்த் தோன்றும் ஒரு பிரச்சினை

முப்பது கோப்பை நீர் கொள்ளக் கூடிய ஒரு பெரிய பாத் திரம் விளிம்புவரை நிரப்பப்படுகிறது. அதிலிருக்கும் குழாயின் கீழ் ஒரு கண்ணாடிக் கோப்பையை வைத்து, இக்கோப்பை நிரம்புவதற்கு எத்தனை விநாடிகள் ஆகின்றன என்பதைக் கடிகாரத்தைக் கொண்டு கணக்கிடவும். அரை நிமிடம் ஆவதாய் வைத்துக் கொள்ளலாம். இப்போது எனது வினா என்னவென்றால் குழாயைத் திறந்துவிட்டால், அப்பாத்திரம் காலியாவதற்கு எவ்வளவு நேரம் ஆகும்?

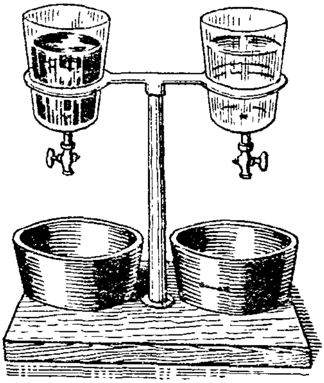
மிகவும் எளிய கேள்வியாய்த் தோன்றுகிறதல்லவா? ஒரு கோப்பை நீர் வெளியே வருவதற்கு அரை நிமிடம் என்றால், முழுப் பாத்திரமும் காலியாவதற்குக் கால்மணி நேரமே ஆக வேண்டும் என்று நினைப்பீர்கள்.

செய்து பாருங்கள். அரைமணி நேரத்தில்தான் பாத்திரம் பூராவும் காலியாகும் என்பது தெரிய வரும். அது எப்படி?

நீர் வெளியே வரும் வேகம் பூராவும் நிலையானதாக இல்லை என்பதைக் கவனிக்கவும். முதலாவது கோப்பை நிரம்பியதற்குப் பிறகு, இரண்டாவது கோப்பை நிரம்பு வதற்கு அதைவிட அதிக நேரம் ஆகிறது; ஏனெனில் அப்போது பாத்திரத்தில் குறைந்த அளவு நீரே இருக்கும்; அதன் மட் டம் கீழே சென்றுவிட்டதால், அது செலுத்தும் அழுத்தமும் குறைவாகவே இருக்கும். இதே காரணத்தினால், மூன்றாவது

கோப்பை நிரம்புவதற்கு மேலும் அதிக நேரம் பிடிக்கும்— அடுத்தடுத்த கோப்பைக்கு மேலும் மேலும் அதிக நேரம் தேவையாயிருக்கும்.

திறந்த வாயுள்ள ஒரு பாத்திரத்தின் அடியிலிருக்கும் துவாரத்திலிருந்து வெளிவரும் திரவத்தின் வேகம், துவாரத்திற்கு மேலுள்ள திரவத் தூணின் உயரத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கின்றது. இத்தொடர்பை முதன்முதலில் கவனித்தது கலிலேயோவின் சிறந்த மாணுவரான டொரிச்செல்லி ஆவார். இதை $v = \sqrt{2gh}$ என்னும் எளிய சூத்திரத்தைக் கொண்டு எடுத்துரைத்தார்; இதில் v திரவம் வெளிவரும் வேகத்தையும், g ஈர்ப்பு வளர்வேகத்தையும், h துவாரத்திற்கு மேலேயுள்ள திரவத் தூணின் உயரத்தையும் குறிக்கின்றது. இதிலிருந்து, ஒரு திரவம் வெளிவரும் வேகம் அதன் அடர்த்தியைப் பொறுத்ததில்லை என்பது தெளிவாகிறது. தூணின் உயரம் ஒன்ருகவே இருக்கும்போது, இலேசான ஆல்கஹாலும், கனமான பாதரசமும் ஒரே வேகத்தில்தான் வெளிவரும் (படம் 54). மேலும், சந்திரன் ஈர்ப்பு பூமியினுடையதில் ஆறில் ஒரு பங்கே ஆதலால், பூமியில் ஒரு கோப்பையை நிரப்புவதற்கு ஆகும் நேரத்தைப்போல் சந்திரனில் கிட்டத்தட்ட இரண்டரை மடங்கு நேரம் பிடிக்கும்.



படம் 54. இரு திரவங்களில் எது விரைவில் வெளியேறும்? பாதரசமா, அல்கஹாலா? இரு கலங்களிலும் திரவங்களின் மட்டம் ஒன்ருகவேயுள்ளது.

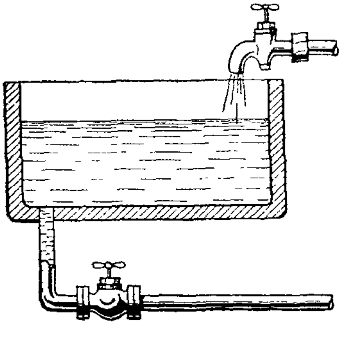
நிற்க, மீண்டும் நமது பிரச்சினைக்கு வரலாம். இருபது கோப்பைகளை நிரப்புவதற்கான நீரைப் பாத்திரம் வழங்கிய பிறகு, குழாயின் மட்டத்திலிருந்து கணக்கிடப்படும் நீர்மட்டம் முழுப் பாத்திரத்தில் நாலில் ஒரு பங்கிற்கு இறங்குகிறது என்ருல், 21 ஆவது கோப்பையை நிரப்புவதற்காகும் நேரம், முதலா

வது கோப்பையை நிரப்புவதற்கு ஆகும் நேரத்தைப் போல் இரு மடங்காய் இருக்கும். பின்னர், நீர்மட்டம் ஒன்பதில் ஒரு பங்கிற்கு இறங்கினல், கடைசிக் கோப்பைகளை நிரப்புவதற்கு மும்மடங்கு நேரம் பிடிக்கும். நுண் கணித முறையைப் பயன்படுத்தினல், பாத்திரம் முழுவதும் காலியாவதற்கு வேண்டிய நேரம், குழாய்க்கு மேலே நீர்மட்டம் நிலையாக இருந்தால் அதே அளவு திரவம் வெளிவருவதற்கு எவ்வளவு நேரம் ஆகுமோ அதைப்போல் இரு மடங்காகும் என்பதை அறிகிரேம்.

தொட்டிக் கணக்கு

எண்கணித, இயற்கணிதக் கணக்குகளின் ஒவ்வொரு தொகுப்பிலும் காணப்படும் பிரசித்தமான தொட்டிக் கணக்கிற்கு மேலே நான் கூறியதிலிருந்து ஒரேயொரு படிதான் உள்ளது. பின்வரும் பழம் பெரும் வறட்டுக் கணக்குகள் உங்களுக்குத் தெரிந்திருக்கும்:

''நீர் உள்ளே வருவதற்கு ஒன்றும், வெளியே செல்வதற்கு மற்றொன்றுமாக இரண்டு குழாய்கள் ஒரு தொட்டியில் உள்ளன. முதலாவது குழாய் வழியாய்த் தொட்டியை விளிம்புவரை நிரப்புவதற்கு ஐந்து மணி நேரம் வேண்டியிருக்கிறது. இரண்டாவது குழாய் வழியாய்த் தொட்டியைக் காலி செய்வதற்குப் பத்து மணி நேரம் தேவைப்படுகிறது. இரண்டு குழாய்களையும் ஒருங்கே திறந்துவிட்டால் தொட்டி நிரம்புவதற்கு எவ்வளவு நேரம் வேண்டியிருக்கும்?''



படம் 55. தொட்டிக் கணக்கு.

இந்தக் கணக்கின் வரலாறு மிகப் பழையது; அலெக்சாண்டிரியாவைச் சேர்ந்த ஹெரோனின் காலத்திலிருந்து

அடிபட்டு வந்த ஒரு கணக்கு இது. ஹெறோனின் கணக்குகளில் ஒன்று வருமாறு:

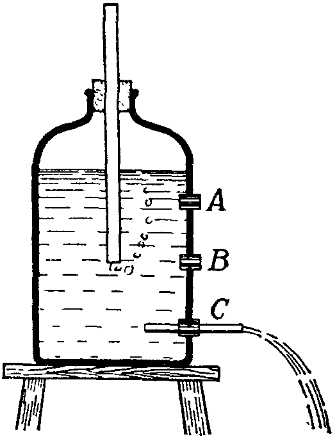
குழாய்கள் நான்கு;
பெரியதொரு தொட்டி.
அதைத்தான் நிரப்ப
முதலாம் குழாய்க்கு
ஒருநாள் ஆகும்.
அதையே செய்ய
இரண்டாம் குழாய்க்கு
இரண்டு பகலும்
இரண்டு இரவும்
தேவை ஆகும்.
மூன்றும் குழாய்க்கோ
முதலாவதைப் போல்
மூன்று மடங்கு
நேரம் ஆகும்.
நான்காவதற்கோ
நாலு பகலும்
நாலு இரவும்
வேண்டி இருக்கும்.
குழாய்கள் நான்கும்
ஒருசேர இணைந்து
ஒருங்கே வேலை
செய்தால் தொட்டி
எப்போது நிரம்பும்;
சொல்வீர் நீரே.

மேற்கூறிய தொட்டிக் கணக்கு எடுத்துரைக்கப்பட்டு இரண்டாயிரம் ஆண்டுகள் ஆகின்றன. ஆயினும் இவ்வளவு காலமாய்ப் பலரும் இக்கணக்குக்குத் தவறுகவே விடை கூறி வருகின்றனர். பழக்கத்துக்குள்ள பிடி அவ்வளவு பலமாய் இருக்கிறது. இந்தத் தொட்டிக் கணக்குக்குக் கூறப்படும் பதிலைப் பரிசிலனை செய்தால் இது விளங்கும். பின் வருமாறு பலரும் பதிலளிப்பதைக் கேட்கலாம். ஒரு மணி நேரத்தில் முதலாவது குழாய் தொட்டியில் ஐந்தில் ஒரு பகுதியை நிரப்புகிறது; இரண்டாவது குழாய் தொட்டியில் பத்தில் ஒரு பகுதியைக் காலி செய்கிறது. எனவே, இரண்டும் திறந்திருக்கும்போது ஒவ்வொரு மணி நேரத்திலும் தொட்டியில் $1/5 - 1/10 = 1/10$ பகுதி நிரம்ப வேண்டும்; அதா

வது தொட்டி முழுதும் நிரம்புவதற்கு 10 மணி நேரமாகும் என்று விடை கூறுகிறார்கள். இம்மாதிரி விடை காணுவது தவறாகும். நீரானது ஒரு நிலையான, சீரான அழுத்தத்தில் உள்ளே வருவதாய்க் கொள்ளலாம் என்றாலும், மாறிக் கொண்டிருக்கும் மட்டம் செலுத்துகின்ற சீராயில்லாத அழுத்தத்தில்தான் அது வெளிச் செல்லுகிறது. தொட்டியைக் காலி செய்வதற்கு இரண்டாவது குழாய்க்குப் பத்து மணி நேரமாகிறது என்பதிலிருந்து, தொட்டியிலுள்ள நீரில் பத்தில் ஒரு பகுதி ஒவ்வொரு மணியிலும் வெளியே வருகிறது என்று கொண்டுவிடக் கூடாது. எண் கணிதவியலின் உதவியுடன் நம்மால் ஒருபோதும் இக்கணக்கிற்குச் சரியாக விடை காண முடியாது. ஆகவே தொட்டிகளிலிருந்து நீர் வெளியே வருவதைப் பற்றிய எந்தக் கணக்குக்கும் எண் கணிதப் பாடப் புத்தகங்களில் இடமில்லை. **பௌதிகம் உங்களுக்குத் தெரியுமா?** என்னும் எனது புத்தகத்தில் இக்கணக்குகள் விரிவாக ஆராயப்பட்டுள்ளன.

விந்தைக் கலம்

நீரின் மட்டம் இறங்கினாலும், நீர் ஒரே சீராக வெளியே வந்து கொண்டிருக்கக் கூடிய பாத்திரத்தை நம்மால் தயாரிக்க முடியாதா? முடியாது என்றே இப்போது நினைப்பீர்களென எண்ணுகிறேன். ஆனால், அதைச் செய்ய முடியும். படம் 56 இல் காட்டப்பட்டுள்ள சீசா இத்தகையதொரு விந்தைக் கலமாகும். குறுகிய வாயுள்ள சாதாரண சீசாவின் வாயில் ஒரு தக்கையை வைத்து மூடி அத்தக்கையினுள் ஒரு கண்ணாடிக் குழாய் செருகப்பட்டிருக்கிறது. கண்ணாடிக் குழாயின் நுனிக்குக்கீழே உள்ள C என்னும் மூக்குக் குழாயைத் திறக்கும்போது, சீசாவில் இருக்கும் நீரின் மட்டம் குத்துக் குழாயின் நுனிக்குக்கீழே இறங்கும் வரை, நீர் சீராக வெளியே வருகிறது. ஏறக்குறைய மூக்குக் குழாயின் மட்டத்திற்குக் குத்துக் குழாய் முனையைக் கீழே இறக்கி, மூக்குக் குழாய்க்கு மேலே உள்ள எல்லா நீருமே ஒரே சீராக—சொட்டு சொட்டாகவே என்றாலும்கூட—வெளியே வரும்படிச் செய்யலாம்.



படம் 56. "மாரியட் சீசா." நீர் சீரான தாரையாக வெளியே வருகின்றது.

இது எங்ஙனம் நிகழ்கிறது? C என்னும் மூக்குக் குழாயைத் திறக்கும் போது சீசாவில் என்ன நடைபெறுகிறது என்பதை ஆலோசிக்கவும். முதன்முதலில் கண்ணாடிக் குழாயில் இருக்கும் நீர் வெளியேறி, அதனுள் நீர் மட்டம் இக்குழாயின் அடிப் பகுதிக்கு இறங்கிவிடும். பிறகு சீசாவில் இருக்கும் நீரின் மட்டம் இறங்குகையில் வெளியிலிருந்து காற்று குத்துக் குழாய் வழியாக உள்ளே புகுந்து, நீருக்குள் குமிழியிட்டு சீசாவின் மேற்பகுதிக்குச் செல்கிறது. இப்போது, B மூக்குக் குழாயின் மட்டத்தில் நீருக்குள் இருக்கும் அழுத்தம் வளிமண்டல அழுத்தத்திற்குச் சமமாயிருக்கிறது. சீசாவின் உள்ளேயும் வெளியிலும் வளிமண்டல அழுத்தம் ஒன்றாகவே இருப்பதால், BC நீரடுக்கு செலுத்தும் அழுத்தத்தினுல் மட்டுமே மூக்குக் குழாய் C வழியாக நீர் வெளி வருகிறது. BC அடுக்கின் உயரம் நிலையாயிருப்பதால், ஒரே சீரான வேகத்தில் நீர் வெளி வருவதில் வியப்பில்லை.

இப்பொழுது பின்வரும் கேள்விக்கு விடை கூற முயற்சி செய்யுங்கள். துளை Bஇல் இருக்கும் அடைப்பானைப் பிடுங்கிவிட்டால், நீர் எவ்வளவு வேகமாய் வெளியே வரும்? ஆச்சரியமாகவே தோன்றினுலும், நீர் வெளியே வருவதில்லை என்பதைப் பார்க்கிறோம்—ஆனல், துளை மட்டும் புறக்கணித்துவிடக்கூடிய அளவிற்குச் சிறியதாக இருக்க வேண்டும்; ஏனெனில், அவ்வாறு இல்லாவிட்டால், துளையின் அகலத்திற்குச் சமமான உயரமுள்ள மெல்லிய நீரடுக்கின் அழுத்தம் காரணமாக நீர் வெளியே வரும். B துளையின் மட்டத்தில், உள்ளேயும் வெளியிலுமுள்ள அழுத்தம் வளிமண்டல அழுத்

தமாகவே இருப்பதனுல், நீர் வெளியே வரக் காரணம் ஏதும் இல்லை.

ஆனுல் குத்துக் குழாயின் நுனிக்கு மேலே இருக்கிற துளை A இன் அடைப்பானைப் பிடுங்கிவிட்டால், நீர் வெளியே வருவதற்குப் பதிலாக, வெளியிலுள்ள காற்று சீசாவினுள் புகுவதைக் காணுவோம். காரணம் என்ன? சீசாவினுள் இருக்கும் காற்றின் அழுத்தம் வெளியேயுள்ள வளிமண்டல அழுத்தத்தைவிடக் குறைவாக இருப்பதுதான் காரணம்.

இத்தகைய அசாதாரண இயல்புகளுடன் கூடிய இந்தக் கலம், பிரசித்தி வாய்ந்த பௌதிகவியலாரான மாரியட் என்பவரால் புனைந்தமைக்கப்பட்டது. எனவே இது ''மாரியட் சீசா'' என்று அழைக்கப்பட்டு வருகிறது.

காற்றுச் சுமை

பதினேழாவது நூற்றுண்டின் நடுவில் ரேகென்ஸ்பர்க் நகர மக்களும் ஜெர்மன் சிற்றரசர்களும் பேரரசரும் பின் வரும் அதிசயத்தைப் பார்த்தனர். எட்டு எட்டாகப் பூட்டப் பெற்ற பதினுறு குதிரைகள் ''சூன்யமாய்க்'' கருதப்பட்ட காற்றினுல் சேர்த்திணைக்கப்பட்ட இரு செப்பு அரைக்கோளங்களைப் பிரிப்பதற்குத் தங்களது முழு வலுவுடன் முயன்று தோல்வியுற்றன. காற்று அல்லது வளி என்பது ஒன்றுமில்லாத சூன்யமல்ல, அதற்கு எடை உண்டு, பூமியின் மீதுள்ள ஒவ்வொன்றின் பேரிலும் அது கணிசமான அழுத்தத்தைச் செலுத்துகிறது என்பதை, ''ஜெர்மானிய காலிலேயோ'' என்பதாய்ப் போற்றபடும் நகராட்சித் தலைவர் ஓட்டோ வான் கேரிக்கே நிரூபித்துக் காண்பித்தார்.

இப்பரிசோதனை 1654, மே 8 இல் மிகவும் விமரிசையாய்ச் செய்து காண்பிக்கப்பட்டது. அச்சமயம் அரசியல் குழப்பமும் நாசகரப் போர்களுமாக இருந்த போதிலும் ஓட்டோ வான் கேரிக்கே தமது ஆராய்ச்சிகளில் எல்லோரும் கருத்து செலுத்தும்படிச் செய்துவிட்டார்.

பௌதிகவியற் பாடப் புத்தகம் ஒவ்வொன்றிலும் நீங்கள் இந்தப் பரிசோதனையைப் பற்றிய விளக்கத்தைப் படிக்கலாம். இருப்பினும் கேரிக்கேயே நேரில் இதை விளக்கக் கூறுவது பற்றிக் கேட்டுத் தெரிந்து கொள்ள விரும்புவீர்கள்

என்று நினைக்கிறேன். அவருடைய பரிசோதனைகள் பலவற்றையும் விவரிக்கும் தடிமனான புத்தகம் ஒன்று லத்தீன் மொழியில் ஆம்ஸ்டர்டாம் நகரில் 1672இல் வெளியிடப்பட்டது. அக்காலத்திய புத்தகங்கள் அனைத்தையும் போலவே அதற்கும் நீண்ட நெடும் தலைப்பு இருந்தது. அது வருமாறு:

ஒட்டோ வான் **கேரிக்கே**
வுர்ட்ஸ்பர்க் பல்கலைக்கழகத்தின்
கணிதப் பேராசிரியர் **கஸ்பார் ஷாட்**
என்பவரால் முதலில் விவரிக்கப்பட்ட,
வளியில்லா வெளி
என்பது பற்றிய புதிய
மாக்டெபர்க் பரிசோதனைகள்
கூடுதலாய் மேலும் பல புதிய பரிசோதனைகள்
சேர்க்கப்பட்டு இன்னும் விரிவான வடிவில்
நூலாசிரியராலேயே வெளியிடப்பெற்றது.

அந்நூலின் 23ஆவது அத்தியாயம் மேலே குறிப்பிடப்பட்டுள்ள பரிசோதனையை விவரிக்கின்றது. அது இதோ இருக்கிறது:

''பதினாறு குதிரைகளினால்கூடப் பிரிக்க முடியாதபடி அவ்வளவு உறுதியாக இரு அரைக்கோளங்களைக் காற்றின் அழுத்தம் இணைக்க முடியும் என்பதைக் காண்பிக்கும் பரிசோதனை.

''முக்கால் மாக்டெபர்க் முழம் (இந்த முழம் 550 மில்லிமீட்டருக்குச் சமம்) விட்டமுள்ள இரண்டு செப்பு அரைக்கோளங்களைச் செய்து தருமாறு கேட்டேன். ஆனால் வழக்கம் போல் தொழில் வினைஞர்களால் நமக்குத் தேவைப்படும் திட்டமான அளவிற்குச்செய்யமுடியவில்லை. ஆகவே அவை 67/100 முழம் விட்டமுடையனவாகவே இருந்தன. அரைக்கோளங்கள் இரண்டும் முற்றிலும் ஒரே மாதிரியாகவே இருந்தன. ஒன்றில், உள்ளேயிருக்கும் காற்றை வெளியேற்றுவதற்கும், வெளியேயுள்ள காற்று உள்ளே புகுவதைத் தடுப்பதற்கும் அடைப்பனுடன் கூடிய குழாய் ஒன்று இருந்தது. குதிரைகளின் சேணங்களில் கட்டப்பட்டிருந்த கயிறுகளுடன் பிணைப்பதற்காக இரு அரைக்கோளங்களிலும் நான்கு வளையங்கள் இருந்தன. தோல் வளையம் ஒன்றையும் செய்யச் சொல்லி, அதைக் கர்ப்பூரத்தைலம், மெழுகு ஆகியவற்றின் கல

வையில் தோய்த்தெடுத்து, காற்று புகுவதைத் தடுக்கும் பொருட்டு அதை இரு அரைக்கோளங்களிடையில் வைத்தேன். காற்றுப் பம்பின் குழாய்முனை கோளத்தின் குழாய்க்குள் புகுத்தப்பட்டு, கோளத்தினுள் இருந்த காற்று வெளியேற்றப்பட்டது. தோல் வளையத்தினூடாக இரு அரைக்கோளங்களையும் ஒன்றோடொன்று ஒட்டிக் கொள்ளும்படி செய்த சக்தி அப்போது புலனாயிற்று. பதினாறு குதிரைகள் சேர்ந்து அவற்றைப் பிரிக்க முடியாத அளவிற்கு, அல்லது, பெரும் சிரமத்துடனேயே பிரிக்க முடியும் என்னும் அளவிற்கு அவ்வளவு உறுதியாக இரு அரைக்கோளங்களையும் வெளிக் காற்றின் அழுத்தம் ஒட்டிக் கொள்ளச் செய்துவிட்டது. அரைக்கோளங்கள் குதிரைகளின் இழுப்பிற்கு இணங்கிப் பிரிந்த போது, வெடி வெடித்தாற்போல் ஒரு பேரொலி கேட்டது. எனினும் தடையின்றி காற்று உள்ளே வரும்படி அடைப்பானை ஒரு திருப்பு திருப்பிவிட்டால், வெறும் கைகளினாலேயே அரைக்கோளங்களை எளிதாகப் பிரிக்க முடிந்தது.''

காலிக் கோளத்தின் இரு பகுதிகளையும் தனியாகப் பிரிப்பதற்கு இவ்வளவு பெரிய சக்தி (ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் எட்டுக் குதிரைகளின் இழுப்பு அளவுள்ள சக்தி) ஏன் செலுத்தப்பட வேண்டியிருந்தது என்பதை ஒரு சிறு கணக்கீட்டின் வாயிலாக அறிந்து கொள்ளலாம். காற்று செலுத்தும் அழுத்தம் சதுர சென்டிமீட்டருக்குக் கிட்டத்திட்ட 1 கிலோகிராம் ஆகும். 0.67 முழம் (37 சென்டிமீட்டர்) விட்டமுள்ள ஒரு வட்டத்தின் பரப்பளவு 1,060 சதுர சென்டிமீட்டர். (நாம் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்வது **வட்டத்தின் பரப்பளவுதான்;** அரைக்கோளத்தின் **மேற்பரப்பு அல்ல;** ஏனெனில் வளிமண்டல அழுத்தம் செங்கோணத் திசையில் செயல்படும்போது மட்டுமே மேலே குறிப்பிடப்பட்டுள்ள மதிப்புக்குச் சமமாயிருக்கும்; சாய்வான பரப்பின்மீது செயல்படும் போது அழுத்தம் குறைவாயிருக்கும். நமது பிரச்சினையைப் பொறுத்தவரை, கோளத்தினது பரப்பின் செங்கோண **வீழ்த்தல்,** அதாவது, பெருவட்டத்தின்* பரப்பைக் கணக்கில்

---

* ஒரு கோளத்தை, அதன் மையத்தினூடாகச் செல்லும் சமதளத்தினால் வெட்டினால் கிடைப்பது. பூமியை ஒரு கோளமாக வைத்துக் கொண்டால், பூமத்திய ரேகை ஒரு பெரு வட்டம்; தீர்க்க ரேகைகள் யாவும் பெரு வட்டங்களே.—**மொழிபெயர்ப்பாளர்.**

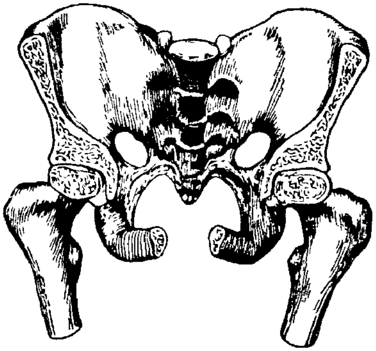
எடுத்துக் கொள்கிறோம்). எனவே, ஒவ்வோர் அரைக் கோளத்தின் மீது செயல்படும் வளிமண்டல அழுத்தத்தின் மதிப்பு 1,000 கிலோகிராமைவிட (அதாவது, ஒரு டன்னை விட) அதிகமாயிருக்க வேண்டும். அப்படியானால், எட்டுக் குதிரையணிகள் இரண்டும் வெளியிலுள்ள காற்றின் அழுத் தத்தை எதிர்த்துச் செயல்படுவதற்கு ஒரு டன் சக்தியுடன் இழுத்திருக்க வேண்டும் என்றாகிறது.

இத்தனை குதிரைகளுக்கு ஒரு டன் என்பது அவ்வளவு அதிகமானதல்ல என்றே தோன்றுகிறது. ஆயினும், குதிரை கள் சாதாரணமாக ஒரு டன் பளுவை இழுக்கும்போது, அவை சமாளிக்க வேண்டிய சக்தியின் அளவு ஒரு டன் அல்ல, மிகவும் குறைவானது என்பதை மறக்கலாகாது. இச்சக்தி, அதாவது இருசுகள், சாலை இவற்றின் மீது சக்கரங்களுக் குள்ள உராய்வு, ஒரு பெருஞ்சாலையில் இழுக்கப்படும் பளு வில் 5 சதவீதமேயுள்ளது; அதாவது, பளு ஒரு டன்னாக இருந்தால் இச்சக்தி 50 கிலோகிராமே இருக்கும் என்றாகிறது. ஆகவே (அநுபவத்தில் கண்டிருப்பதைப் போல், எட்டுக் குதிரைகள் சேர்ந்திழுக்கும் போது இழுப்பு விசையில் பாதி யளவு இழக்கப்பட்டுவிடுகிறது என்பது ஒருபுறமிருப்பதுடன்), எட்டுக் குதிரைகளுக்கு ஒரு டன் இழுப்பு விசை என்பது 20 டன் வண்டி ஒன்றுக்குச் சமமாகிறது. மாக்டெபர்க் நகராட்சித் தலைவரின் குதிரைகள் காற்றாலான இப்படிப்பட்ட ஒரு சுமையை இழுக்க வேண்டியிருந்தது! அவை ஒரு சிறு ரயில் இஞ்சினின்—அதுவும், தண்டவாளங்களின் மீது இல்லாத ஒன்றின்—எடையைப் போன்றுள்ள பளுவை நகரச் செய்ய வேண்டியிருந்தது.

சுமை இழுக்கும் பெருங் குதிரை ஒன்றினால் (மணிக்கு 4 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் செல்லும்போது) 80 கிலோ கிராம் இழுப்பு விசை செலுத்த முடியும். ஒரு குதிரை தனது எடையில் சராசரி 15 சதவீதம் அளவுள்ள இழுப்பு விசை செலுத்துகிறது. பந்தயக் குதிரையின் எடை சுமார் 400 கிலோகிராம் ஆகவும், சுமை இழுக்கும் பெருங் குதிரை ஒன்றின் எடை சுமார் 750 கிலோகிராம் ஆகவும் இருக்கிறது. மிகக் குறைவான நேரத்திற்கு — துவக்க முயற்சி — இழுப்பு விசை பன்மடங்கு அதிகமாயிருக்கலாம். எனவே, மாக்டெ பர்க் அரைக்கோளங்களைப் பிரிப்பதற்கு ஒவ்வொரு பக்கத்

திலும் 1000 : 80 = 13 குதிரைகள் தேவைப்படும். (இரண்டு 13 குதிரை அணிகள் வேண்டியிருப்பதன் காரணம் எனது பொழுது போக்கு இயந்திரவியல் என்னும் புத்தகத்தில் விளக்கப்பட்டுள்ளது.)

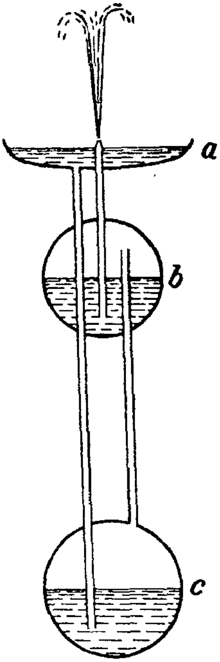
நமது எலும்புக் கூட்டின் மூட்டுகள் சில இதே காரணத்திஞல் தான் சேர்ந்திருக்கின்றன என்பதை அறிய உங்களுக்கு வியப்பாயிருக்கலாம். நமது இடுப்பு எலும்புக் கட்டு மாக்டெபர்க் அரைக் கோளங்களுக்குச் சிறந்ததோர் ஒப்புவமையாகும். அதைச் சேர்த்துப் பிணைத்திருக்கும் தசையையும் திசுவையும் அகற்றி விட்டால்கூட, அது சேர்ந்து இணைந்து நிற்கும். இதைச் செய்வது வளி மண்டல அழுத்தமே ஆகும். மூட்டுக்களுக்கிடையிலுள்ள இடுக்கில் காற்று இல்லை.



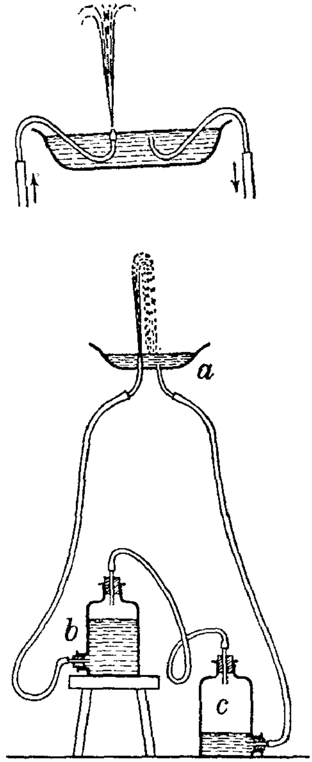
படம் 57. மாக்டெபர்க் அரைக் கோளங்களைச் சேர்த்து வைத்திருந்ததைப் போன்றே மனித இடுப்பு எலும்புக் கட்டையும் வளி மண்டல அழுத்தம் சேர்த்து வைத்திருக்கிறது.

ஹெரோன் நீர்ச்சுனையின் புத்தமைப்புகள்

அலெக்சாண்டிரியாவைச் சேர்ந்த ஹெரோன் என்னும் பண்டையக் கணிதவியலாளர் கண்டுபிடித்ததாகச் சொல்லப்படும் நீர்ச்சுனை உங்களுக்குத் தெரிந்திருக்கும். ஆயினும் இந்தச் சுனையின் புத்தமைப்புகளைப் பற்றி கூறுமுன், இந்த நூதன ஹெரோன் நீர்ச்சுனையின் முக்கிய விவரங்களை உங்களுக்கு நினைவுபடுத்துகிறேன். ஹெரோன் நீர்ச்சுனை (படம் 58) a, b, c என்று மூன்று கலங்களால் ஆனது. மேலேயுள்ள a என்பது திறந்த தாலம் போன்ற அமைப்புள்ளது; b, c என்பவை காற்றுப் புகாத கோள வடிவமுள்ள இரு வாலைகள். இம் மூன்றும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளபடி



படம் 58. ஹெரோன் நீர்ச்சுனை.



படம் 59. ஹெரோன் நீர்ச்சுனையினது புத்தமைப்பு. மேலே: மேற்கலத்தின் மாற்றமைப்பு.

மூன்று குழாய்களினால் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. a கலத்தில் சிறிதளவும் b கலத்தில் முழுவதும் நீரும், c பூராவும் காற்றும் இருக்கும் போது, நீர்ச்சுனை வேலை செய்யத் தொடங்குகிறது. நீர் a கலத்திலிருந்து c கலத்திற்குக் குழாயின் வழியே செல்லுகிறது; அவ்வாறு செல்லுகையில் b கலத்திற்குள் காற்றைத் தள்ளுகிறது. உள்ளே வரும் இக் காற்றின் அழுத்தம், b கலத்திலிருந்து நீரைக் குழாயின்

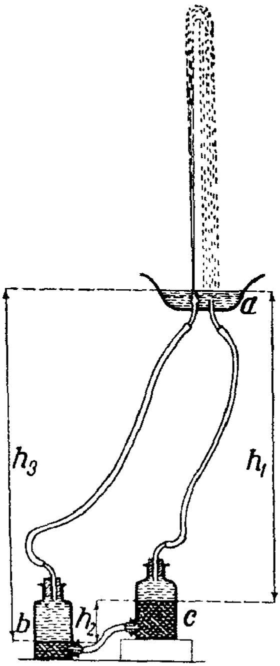
வழியே, a கலத்திற்கு மேலே உயரச் சென்று சுனை போல ஊற்றும்படிச் செய்கிறது. b கலத்திலிருந்து நீர் முழுதும் வெளியேறியவுடன், சுனை இயங்குவது நின்றுவிடுகிறது. ஹெரோனின் காலத்தில் இந்நீர்ச்சுனை இங்ஙனமே வேலை செய்தது.

இன்னும் சற்று அண்மையான காலத்தில், இத்தாலியப் பௌதிக ஆசிரியர் ஒருவர் தமது பள்ளிச் சோதனைக்கூடத்தில் தக்க சாதனங்கள் இல்லாத குறையால் தமது சாமர்த்தியத்தை வெளிப்படுத்திக் காட்டும்படித் தூண்டப்பட்டு ஹெரோன் நீர்ச்சுனையை மாற்றி எவரும் எளிதில் செய்யக் கூடிய புத்தமைப்புகளைப் புனைந்தார் (படம் 59.) கோள வடிவ வாலை, கண்ணாடி அல்லது உலோகக் குழாய்கள் ஆகியவற்றுக்குப் பதிலாக அவர் குடுவைகளையும் ரப்பர்க் குழாய்களையும் பயன்படுத்தினார். மேற்கலத்தின் அடிப்புறத்தில் துவாரம் இருக்க வேண்டியதுமில்லை. 59ஆம் படத்தின் மேற்பகுதியில் காட்டப்பட்டுள்ளபடி, ரப்பர்க் குழாய்களை விளிம்பிற்கு மேலிருந்து வளைந்து தொங்கும்படிச் செய்ய முடியும்.

பயன்படுத்துவதற்கு இது மிகவும் எளியது. ஏனெனில், b குடுவையிலிருந்து a கலத்தின் வழியாய் c குடுவைக்குள் நீர் அனைத்தும் சென்றபின், b ஐயும் c ஐயும் நீங்கள் இடம் மாற்றிவிட்டால் போதும்; நீர்ச்சுனை மீண்டும் வேலை செய்யத் தொடங்கிவிடும். ஆயினும், அவ்வாறு செய்யும் போது, பீச்சும் முனையை மாற்றி அமைக்க மறந்துவிடாதீர்கள். பிறிதொரு வசதி என்னவெனில், கலங்களின் வெவ்வேறு மட்டங்கள் நீர்த் தாரையின் உயரத்தை எங்ஙனம் பாதிக்கின்றன என்பதைக் கண்டு கொள்ளும் பொருட்டு அவற்றை விருப்பம்போல் மாற்றியமைத்துக் கொள்ளலாம்.

நீர்த் தாரையின் உயரத்தைப் பல மடங்கு அதிகரிக்கச் செய்ய விரும்பினால், நீங்கள் செய்ய வேண்டியதெல்லாம், நீருக்கும் காற்றுக்கும் பதிலாகப் பாதரசத்தையும் நீரையும் இரண்டு குடுவைகளில் நிரப்ப வேண்டும் (படம் 60). பாதரசம் cயிலிருந்து bக்குச் செல்லும்போது நீரை அது தாரையாக வெளியே பீச்சுவதைக் காணலாம். பாதரசம் நீரைவிட 13.5 மடங்கு கனமுள்ளது என்பது நமக்குத் தெரியும்; ஆகவே, தாரையின் உயரத்தை நாம் கணக்கிடலாம். வெவ்வேறு மட்டங்களை முறையே h_1, h_2, h_3 என்று குறிப்

பிடுங்கள். பாதரசத்தை aயிலிருந்து (படம் 60) bக்கு வரச் செய்வது எந்தச் சக்திகள் என்பதை இப்போது பார்க்கலாம். இணைக்கும் குழாய்க்குள்ளிருக்கும் பாதரசம் இரண்டு அழுத்தங்களுக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது—ஒன்று, h_2 செலுத்துவது, அதாவது பாதரசத் தூண்களுக்கிடையேயுள்ள உயரங்களின் வித்தியாசம் (நீரின் அதிக உயரமுள்ள தூணின் அழுத்தத்தைப் போல் 13.5 மடங்குள்ளது, அதாவது, $13.5h_2$); இரண்டு, h_1 நீர்த் தூணினல் செலுத்தப்படும் அழுத்தம். வலது புறத்திலிருந்து செலுத்தப்படும் மொத்த அழுத்தம் இது. இடது புறத்தில், h_3 நீர்த் தூணினல் அழுத்தம் செலுத்தப்படுகிறது; இதன் விளைவாய் பாதரசத்தின் மீது $13.5h_2 + h_1 — h_3$க்குச் சமமான சக்தி செயல்படுகிறது. ஆனல், $h_3—h_1=h_2$ ஆக இருப்பதால், நமக்குக் கிடைப்பது $13.5h_2 —h_2$, அதாவது $12.5h_2$. ஆகவே, $12.5\ h_2$க்குச் சமமான உயரமுள்ள நீர்த் தூணின் அழுத்தத்தினல் பாதரசம் bகுடுவையினுள் செலுத்தப்படுகிறது. கோட்பாட்டளவில், இரு குடுவைகளிலுமுள்ள பாதரச மட்டங்களின் வித்தியாசத்தை 12.5ஆல் பெருக்கினல் எவ்வளவு வருமோ அவ்வளவு உயரத்திற்குத் தாரை பீச்சியடிக்க வேண்டும். எனினும், உராய்வின் காரணமாய் உயரம் சற்றுக் குறைவாகவேயுள்ளது.



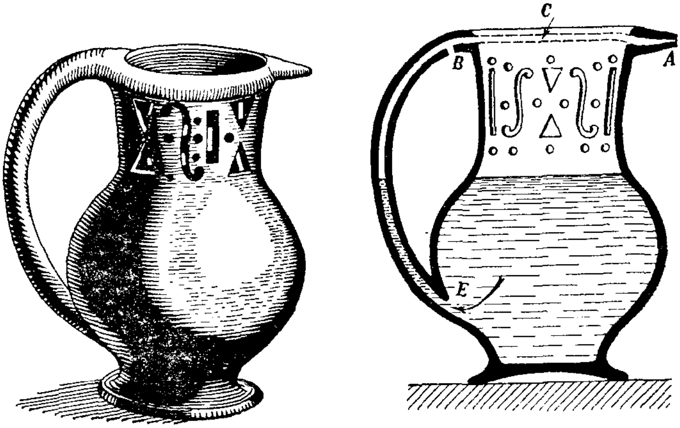
படம் 60. பாதரச அழுத்த நீர்ச்சுனை. பாதரசத்தின் மட்டங்களுக்கிடையே உள்ள வித்தியாசத்தை விட பத்து மடங்கு உயரத்திற்குத் தாரை பீச்சுகிறது.

இருப்பினும், இவ்வமைப்பைக் கொண்டு உயரமான தாரைக்கு ஏற்பாடு செய்யலாம். 10 மீட்டர் உயரமுள்ள தாரை வேண்டுமானல், குடுவைகளில் ஒன்றை மற்றதைவிடக்

கிட்டத்தட்ட ஒரு மீட்டர் உயரத்தில் வைத்தால் போதும். வேடிக்கை என்னவெனில் a கலத்தைப் பாதரசமுள்ள குடுவைகளுக்கு மேலாக இன்னும் உயர்த்தினாலும் அது, நமது கணக்கு காண்பிப்பதுபோல், தாரையின் உயரத்தைப் பாதிப்பதில்லை.

நனையாமல் பானம் அருந்துவது எப்படி?

17, 18ஆம் நூற்றாண்டுகளில் செல்வச் சீமான்கள் அடியிற் காணப்படும் பாத்திரத்தை வைத்துக் கொண்டு விளையாடி மகிழ்வது வழக்கம். மேற்பகுதியில் நூதன உருவங்களில் அமைந்த துளைகளுள்ள கூஜா அது (படம் 61). சீமான்கள்,



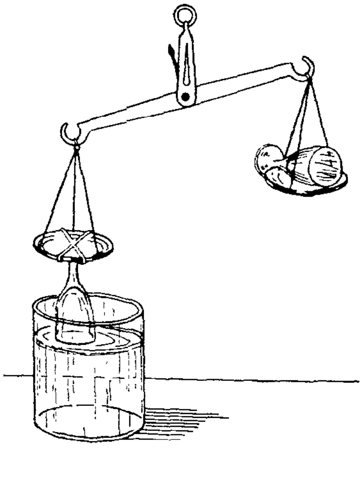
படம் 61. 18ஆம் நூற்றாண்டின் ''மாயக்'' கூஜாவும் அதன் ரகசியமும்.

ஏழை விருந்தாளிக்கு இத்தகைய கூஜா நிறைய மது வழங்குவர். ஏழையாதலால் அவனைக் கேலி செய்து அவர்கள் சிரித்து மகிழ முடிந்தது. இப்படிப்பட்ட கூஜாவிலிருந்து பருகுவது எப்படி? அதைச் சாய்க்க முடியாது; ஏனெனில், அதன் மேற்பகுதியிலுள்ள துளைகள் வழியாக மது கொட்டி, குடிப்பவனின் உடலை நனைக்குமே அல்லாது துளிக் கூட வாய்க்கு வராது.

எனினும், இதன் ரகசியத்தை (படம் 61இல் வலது புறம் காட்டப்படுகிறது) அறிந்தவர்கள் B என்னும் ஓட்டையை விரலினுல் மூடிக் கொண்டு, பாத்திரத்தைச் சாய்க்காமல் அதன் மூக்கின் வழியாகத் மதுவை உறிஞ்சிக் குடித்தனர். அவ்வாறு செய்யும்போது, மது E துவாரத்தின் வழியாகக் கைப்பிடியின் உட்புறத்தில் அமைந்திருக்கும் குழாய் வழியே ஏறி, அங்கிருந்து கூஜாவின் வெளி விளிம்பின் உட்புறத்தி லுள்ள அதன் தொடர்ச்சியான ஜேக் கடந்து கூஜா மூக்கை அடைகிறது. இந்தக் கூஜாக்கள் அண்மைக் காலத்திலுங்கூட சோவியத் யூனியனில் செய்யப்பட்டன. ''அருந்துங்கள், ஆனுல் நனைத்துக் கொள்ளாதீர்கள்'' என்ற குறிப்பு பொறிக்கப்பட்ட இந்தக் கூஜாக்கள் சிலவற்றை நான் பார்த் திருக்கிறேன்.

குப்புறக் கவிழ்ந்த கோப்பை நீரின் எடை என்ன?

நீர் வெளியே கொட்டிவிடும், ஆகவே , எடை பூஜ்யம் தான் என்று சொல்வீர்கள். ஆனுல் நீர் வெளியே கொட்ட வில்லை என்ருல்? கவிழ்ந்த கோப்பையிலிருந்து நீர் வெளியே கொட்டாமல் தங்கியிருக் கும்படி செய்ய முடியும். இது எவ்வாறு செய்யப்படு கிறது என்பதைப் படம் 62 காட்டுகிறது. தராசுத் தட்டு ஒன்றின் அடிப் பகுதி யுடன் இணைக்கப் பெற் றிருக்கும் கவிழ்ந்த மதுக் கோப்பை நிறைய இருக்கும் நீரானது, கோப்பையின் விளிம்பு நீருள்ள பாத்திரம் ஒன்றினுள் அமிழ்த்தப்படும் போது வெளியே கொட்டு வதில்லை. மறு தட்டில் அதே வடிவங்கொண்ட மற் ெருரு மதுக் கோப்பை இருக் கிறது. எந்தத் தட்டு அதிகக் கனமானது? நீர் நிரம்பிய

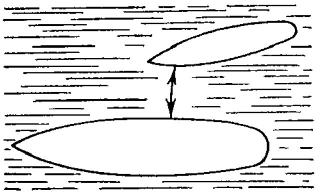


படம் 62. குப்புறக் கவிழ்ந்த ஒரு கோப்பையிலுள்ள நீரை நிறுத்தல்.

குப்புறக் கவிழ்ந்திருக்கும் மதுக் கோப்பை இணைக்கப்பட்டிருப்பதுதான். ஏனெனில் மேற்புறமிருந்து முழு வளிமண்டல அழுத்தத்திற்கும் உள்ளாகும்போது, கீழ்ப்புறமிருந்து மதுக் கோப்பையிலுள்ள நீரின் எடைக்குச் சமமான அளவு குறைந்த வளிமண்டல அழுத்தத்திற்கு அது உள்ளாக்கப்படுகிறது. தராசைச் சமநிலைக்குக் கொண்டுவருவதற்கு மறு தட்டிலுள்ள கோப்பையில் நாம் நீரை நிரப்ப வேண்டும். எனவே, நேராக நிற்கும் ஒரு கோப்பையிலுள்ள நீரின் எடை எவ்வளவோ அதுவேதான் குப்புறக் கவிழ்ந்த கோப்பையிலுள்ள நீரின் எடையும்.

ஏன் கப்பல்கள் ஒன்றையொன்று கவர்ந்திழுக்கின்றன?

1912ஆம் ஆண்டின் இலையுதிர்காலத்தில், உலகிலேயே அக்காலத்தில் இருந்த மிகப் பெருங் கப்பல்களுள் ஒன்றான ''ஒலிம்பிக்'' என்னும் பயணிக் கப்பல் விரிகடலில் சென்று கொண்டிருந்தது. அப்போது அதைவிட மிகச் சிறியதான ''ஹாயுக்'' என்னும் போர்க் கப்பல் பலநூறு மீட்டர்களுக்கு அப்பால் ''ஒலிம்பிக்கின்'' பாதைக்கு ஓரளவுக்கு இணையான பாதையில் அதை நெருங்கி விரைந்து வந்தது. இரு கப்பல்களும் படம் 63இல் காட்டப்பட்டுள்ள நிலைகளுக்கு வந்தவுடன் வியக்கத்தக்க நிகழ்ச்சி நடந்தேறியது. ஏதோ மாய சக்தியால் ஏவிவிடப்பட்டது போல ''ஹாயுக்'' தனது பாதையை விட்டுச் சரேலென்று விலகி, பயணிக் கப்பலை நோக்கித் திரும்பி அதில் போய் மோதிற்று. ''ஒலிம்பிக்கின்'' உடலில் ஒரு பெரும் கீறல் உண்டாகிவிடும்படி அவ்வளவு பலமாய் மோதிற்று. விசித்திரமான இவ்வழக்கை விசாரித்த விசாரணைக் குழு ''ஹாயுக்கிற்கு'' வழி கொடுப்பதற்கு ''ஒலிம்பிக்கின்'' தலைவன் உத்தரவிடத் தவறிவிட்டதால் அவனே

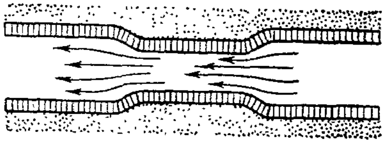


படம் 63. மோதலுக்குமுன் ''ஒலிம்பிக்'', ''ஹாயுக்'' கப்பல்களின் நிலை.

குற்றவாளி என்று முடிவு செய்தது. கப்பல் தலைவனுடைய கவனமின்மையினாலேயே விபத்து நிகழ்ந்தது என்று விசாரணைக் குழு எண்ணிற்று; இதில் அசாதாரணமானது எதுவும் இருந்ததாய் அது கருதவில்லை. உண்மையில், இது முற்றிலும் எதிர்பாராத ஒரு நிலைமையால் — அதாவது **கடலில் கப்பல்களின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சியால்**—ஏற்பட்ட விபத்தாகும்.

இணை பாதையில் செல்லும் இரு கப்பல்களுக்கு இது முற்காலத்திலும் நிகழ்ந்திருக்க வேண்டும். ஆனால், கப்பல்கள் சிறியனவாயிருந்ததால் அவற்றின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி அவ்வளவு வெளிப்படையாகத் தெரியவில்லை. ஆனால் இக்காலத்தில், மிதக்கும் நகரங்களோ என்று சொல்லக்கூடிய மாபெரும் கப்பல்கள் கடல்களில் செல்லுவதால், இந்தக் கவர்ச்சி அதிக அளவிற்குத் தெரிகிறது. போர்க்கப்பல் தலைவர்களும் இதைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்கின்றனர். பல சிறிய படகுகள் பெருங் கப்பல்களுக்கு அருகே சென்றபோது அவற்றுடன் மோதிக் கொண்டதற்குப் பெரும்பாலும் இந்தக் கவர்ச்சியே காரணமாயிருந்திருக்க வேண்டும்.

இக்கவர்ச்சியை உண்டாக்குவது எது? நியூட்டனின் பிரபஞ்ச ஈர்ப்பு விதிக்கும் இதற்கும் எத்தொடர்பும் கிடையாது. இத்தகைய ஈர்ப்பு புறக்கணிக்கத்தக்க அளவுடையது என்பது நான்காவது அத்தியாயத்திலிருந்து நமக்குத் தெரிந்த ஒன்றாகும். இந்தப் பரஸ்பரக் கவர்ச்சிக்குக் காரணம் முற்றிலும் வேறொன்று. குழாய்களிலும் கால்வாய்களிலும் திரவங்கள் பாய்வதை ஆளும் விதிகளின் விளைவாய் ஏற்படும் கவர்ச்சி இது. குறுகலான பகுதிகளும் அகலமான பகுதிகளும் உள்ள ஒரு புழையில் திரவம் பாய்ந்தோடுகையில், ஓட்டம் அதிக அமைதியுடனும் புழைச் சுவர்களின் மீதுள்ள அழுத்தம் அதிகமாகவும் உள்ள அகலமான பகுதிகளைவிடக் குறுகலான பகுதிகளில் திரவம் விரைவாக ஓடும் என்பதையும், புழைச் சுவர்களின் மீது அது குறை

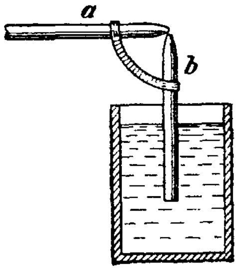


படம் 64. குறுகலான பகுதியில் நீர் விரைவாகப் பாய்ந்து, புழையின் சுவர்களின்மீது குறைவான அழுத்தத்தைச் செலுத்துகிறது.

வான அழுத்தத்தையே செலுத்தும் என்பதையும் ருசுப்பிக்க முடியும். இது "பெர்நூலி விதி" என்றழைக்கப்படுகிறது.

வாயுக்களுக்கும் இது பொருந்தும்—ஆனால் இதைக் கண்டு பிடித்த பௌதிகவியலாளர்களின் பெயரால் கிளேமான்-டிஸோர்ம் விளைவு என்று இது அழைக்கப்படுகிறது; "வளி நிலையியல் முரண்பாடு" எனவும் சொல்லப்படுகிறது. இவ் விளைவு, அடியில் குறிக்கப்படும் சந்தர்ப்பத்தில் தற்செயலாய்த் தெரிய வந்ததாய்க் கூறப்படுகிறது. பிரெஞ்சுச் சுரங்கம் ஒன்றில், இறுக்கப்பட்ட காற்று சுரங்கத்தினுள் செலுத்தப் படும் குழாயினது வாயை ஒரு பலகையினால் மூடும்படி ஒரு சுரங்கத் தொழிலாளியிடம் சொல்லப்பட்டது. அவனோ, குழா யினின்றும் வெளிவரும் காற்றுத் தாரையுடன் பெரும்பாடு பட வேண்டியிருந்தது. பலகை திடீரென்று குழாயின் மீது பெருத்த பலத்துடன் மோதி அதை மூடியது; பலகை மட்டும் போதிய அளவிற்குப் பெரிதாக இருந்திராவிட்டால், அது குழாயினுள் இழுக்கப்பட்டிருக்கும், பீதியுற்ற அந்தத் தொழி லாளியும் அதனுடன் சேர்ந்து உள்ளே இழுக்கப்பட்டிருப் பான். வாயுக்களின் ஓட்டத்தால் உண்டாகும் இந்த விசேஷ விளைவுதான் திவலையாக்கிக் கருவியின் செயற்பாட்டுக்கும் காரணம்.

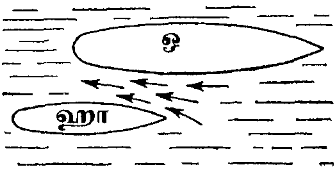
குறுகிய நுனியுள்ள குழாய் aக்குள் ஊதும்போது (படம் 65), குறுகிய நுனியில் காற்றின் அழுத்தம் குறை கிறது. இதன் விளைவாய் b குழாய் நுனிக்கு மேலாக உள்ள காற்றின் அழுத்தம் குறைகிறது. ஆகவே வளிமண்டல அழுத்தம் கண்ணாடிக் கலத்திலுள்ள திரவத்தைக் குழாயின் வழியாக மேலே பாயச் செய்கிறது. திரவம் குழாய் நுனியை விட்டு வெளிவரும்போது, காற்றுத் தாரையினால் திவலையாக்கப்படுகிறது.



படம் 65. திவலையாக்கியின் கோட்பாடு.

கப்பல்கள் ஒன்றையொன்று ஏன் கவர்ந்திழுக்கின்றன என்பதை இப் போது நாம் புரிந்துகொள்வோம். இரு கப்பல்கள் இணையானதொரு பாதை யில் செல்லும்போது, அவற்றுக்கு இடையில் ஒரு நீர்ப்புழை ஏற்படு

11 — 552



படம் 66. நகரும் இரு கப்பல்களுக்கிடையேயுள்ள நீரோட்டம்.

கிறது. சாதாரணப் புழைக்கும் இதற்கும் வேறுபாடு என்னவெனில், சாதாரணப் புழையில் சுவர்கள் நிலையாகவும் நீர் நகர்ந்து கொண்டும் இருக்கிறது; ஆனால் இப்புழையில் நீர் ''நிலையாக'' இருக்கிறது, ''சுவர்கள்'' நகருகின்றன. ஆனால் விசைகளின் செயலை இவ்வேறுபாடு மாற்றுவதில்லை. நகரும் புழையின் குறுகிய பகுதிகளில் நீர் பிற இடங்களைவிடக் குறைவான அழுத்தத்தைச் ''சுவர்கள்'' மீது செலுத்துகிறது. இதையே வேறு விதமாகக் கூறினால், கப்பல்களின் எதிர் எதிராயிருக்கும் பக்கங்கள், அவற்றின் வெளிப் பக்கங்கள் இரண்டையும் விடக் குறைவான அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்படுகின்றன. அப்போது என்ன நிகழ்கிறது? வெளிப் பக்கங்களின் மீதுள்ள நீரின் அழுத்தம் கப்பல்களை ஒன்றையொன்று நோக்கி நகரும்படிச் செய்கிறது — சிறிய கப்பல் பெரியதைவிட மிக விரைவாக நகருகிறது. பெரிய கப்பலோ நகருவதாகவே தோன்றுவதில்லை. எனவேதான், பெரிய கப்பல் சிறிய கப்பலை விரைவாகக் கடக்கும்போது கவர்ச்சி அவ்வளவு வலுவுள்ளதாயிருக்கிறது.

ஆக, சுருங்கக் கூறுமிடத்து, கப்பல்களின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சிக்குக் காரணம், பாயும் நீருக்குள்ள உள்ளிழுப்புத் தன்மையாகும். நீர் வேகமாய் ஓடும் இடங்களில் தோன்றும் சுழல்களால் குளிப்பவர்களுக்கு ஏற்படக்கூடிய ஆபத்தை விளக்குவதும் இதுவே. வினாடிக்கு ஒரு மீட்டர் மதிப்புள்ள மிதமான வேகத்தில் செல்லும் நீரோட்டம் 30 கிலோகிராம் விசையுடன் ஒருவனைக் கவர்ந்திழுக்கிறது என்று கணக்கிடப்பட்டிருக்கிறது. அவ்வளவு வலுவான விசையை முக்கியமாக நீரில் இருக்கும்போது (உங்களது எடையே நீங்கள் சமநிலையிலிருப்பதைத் தடுக்கும்போது) எதிர்த்து நிற்பது எளிதன்று. முடிவாக, வேகமாய்ச் செல்லும் ரயில் வண்டியின் உள்ளிழுப்பும் இதே பெர்நூலி கோட்பாட்டையே அடிப்படையாகக் கொண்டதாகும். மணிக்கு 50 கிலோமீட்டர் வேகத்

தில் ஓடும் ரயில் வண்டி அருகில் நின்று கொண்டிருக்கும் ஆளைச் சுமார் 8 கிலோகிராம் விசையுடன் கவர்ந்திழுக்கும்.

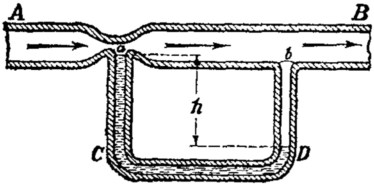
பெர்நூலி கோட்பாட்டின் விளைவுகள் மிகப் பலவாயினும் இவை குறித்து நம்மில் பலரும் அதிகம் அறிந்திலர். ஆகவே இன்னும் விவரமாய் இவற்றைப் பரிசீலிப்பது நல்லதென நினைக்கிறேன். விஞ்ஞான ரசனை ஏடு ஒன்றில் பேராசிரியர் பிரான்க்லின் இப்பொருள் குறித்து எழுதிய ஒரு கட்டுரையிலிருந்து எடுக்கப்பட்டது பின்வரும் பகுதி.

பெர்நூலி கோட்பாடும் அதன் விளைவுகளும்

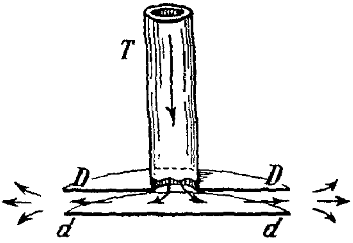
முதன் முதலாக 1726இல் பெர்நூலி எடுத்துரைத்த இக் கோட்பாடு வருமாறு: காற்றோட்டத்திலோ, நீரோட்டத்திலோ வேகம் குறைவாயிருக்கும்போது அழுத்தம் அதிகமாகவும், வேகம் அதிகமாயிருக்கும்போது அழுத்தம் குறைவாகவும் இருக்கிறது. இக்கோட்பாடு சில வரையறைகளுக்கு உட்பட்டதென்பது மெய்தான், ஆனால் இதைப் பற்றி இங்கு நாம் ஆராயப் போவதில்லை.

படம் 67 இக்கோட்பாட்டை விளக்குகிறது.

AB குழாயின் வழியாய்க் காற்று செலுத்தப்படுகிறது. குறுகிய பகுதி aஇல் காற்றின் வேகம் மிக அதிகமாகவும், அகன்ற பகுதி bஇல் வேகம் குறைவாகவும் இருக்கிறது. வேகம் அதிகமாயிருக்கும் இடத்தில் அழுத்தம் குறைவாகவும், வேகம் குறைவாயிருக்கும் இடத்தில் அழுத்தம் அதிகமாகவும் இருக்கிறது. aஇல் உள்ள குறைவான அழுத்தத்தினால், குழாய் Cஇல் இருக்கும் திரவம் உயரச் செல்லுகிறது; இதற்கிடையில், bஇலுள்ள அதிக அழுத்தம் திரவத்தைக் குழாய் Dஇல் கீழே செல்லும்படிச் செய்கிறது.



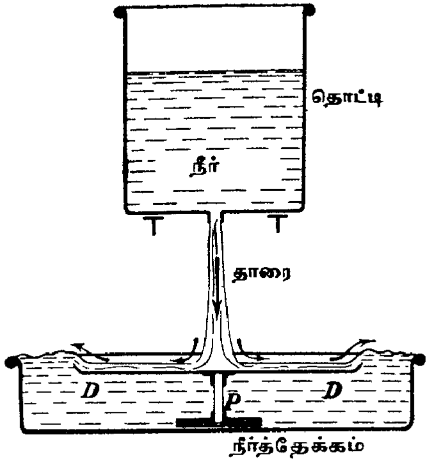
படம் 67. பெர்நூலி கோட்பாட்டின் விளக்கம். AB குழாயின் குறுகிய பகுதியில் (a), சற்று அகன்ற பகுதியில் (b) இருப்பதைவிட அழுத்தம் குறைவு.



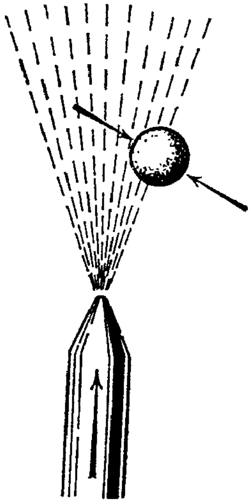
படம் 68. வட்டுக்கள் பரி சோதனே.

படம் 68இல் குழாய் T, DD என்னும் வட்டின் மீது பொறுத்தப்பட்டிருக் கிறது. காற்று T வழியாக வும், பொருத்தப்படாத dd வட்டைத் தாண்டியும் செலுத்தப்படுகிறது. (பரி சோதனையை எளிதாக்கும் பொருட்டு, காலி நூல் கட்டை ஒன்றையும் காகித வட்டு ஒன்றையும் எடுத்துக் கொள்ளுங்கள்; கட்டையின் நடுத்துளேயினுள் ஒரு குண்டூசியைச் செலுத்தி, காகித வட்டு விழாதபடிச் செய்யவும்). இரு வட்டுகளுக்கிடையே காற்றின் வேகம் அதிக அளவுள்ளதாயிருக்கிறது. வட்டு களின் விளிம்பருகே காற்ருேட்டத்தின் குறுக்கு விட்டம் விரைவாய் அதிகரிப்பதனுலும், வட்டுகளுக்கிடையேயிருந்து வெளியே செல்லும் காற்றின் சடத்துவம் சமாளிக்கப் பட வேண்டியிருப்பதனுலும், இந்த வேகம் விளிம்புகளின் அருகில் வெகுவாய்க் குறைந்து செல்கிறது. ஆயினும் வட்டைச் சுற்றியிருக்கும் காற்றின் வேகம் குறைவாக இருப் பதால் அது செலுத்தும் அழுத்தம் அதிகமாகவும், வட்டுகளுக் கிடையேயுள்ள காற்றின் வேகம் அதிகமாயிருப்பதனுல் அது செலுத்தும் அழுத்தம் குறைவாகவும் இருக்கிறது. ஆகவே அதிகமாயிருக்கும் வெளிக் காற்றின் அழுத்தம் இரு வட்டு களேயும் அழுத்திச் சேரச் செய்கிறது. T குழாயின் வழியாகக் காற்று எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு அதிக வலுவாய்ச் செலுத் தப்படுகிறதோ அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு அதிக வலிவுடன் காற்று இரு வட்டுக்களேயும் சேர்த்து அழுத்துகிறது.

படம் 69உம் படம் 68ஐ ஒத்ததுதான். ஆனுல் இதில் காற் றுக்குப் பதிலாய் நீர் இருக்கிறது. DD வட்டின் மேலாக வேக மாய்ப் பாயும் நீர் தாழ்ந்த மட்டத்தில் உள்ளது; வட்டின் விளிம்பிற்கு அருகில் வரும் போது மாத்திரம் தொட்டி யிலிருக்கும் அமைதியான நீரின் மட்டத்திற்கு உயருகிறது. எனவே, வட்டின் மேற்பரப்பின் மீது, பாயும் நீரைவிட அமைதியான நீர் அதிக அழுத்தத்தைச் செலுத்துகிறது:



படம் 69. நீர்த்தாரை DD வட்டின் மீது பீச்சும் போது வட்டு P அச்சின்மீது உயருகிறது.

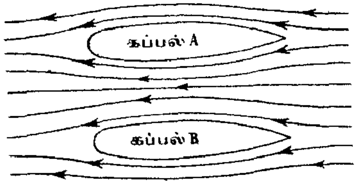


படம் 70. காற்றுத் தாரை சிறு பந்தை அந்தரத்தில் நிற்கச் செய்கிறது.

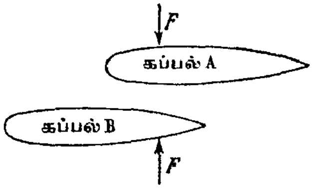
இதன் விளைவாய் வட்டு மேலே உயருகிறது. (P அச்சினால் வட்டு அப்பால் நகராதபடி வைக்கப்பட்டுள்ளது.)

காற்றுத் தாரையில் நெட்டியாலான சிறு பந்து ஒன்று மிதப்பதைப் படம் 70 காட்டுகிறது. காற்று பந்தின் மீது தாக்கி, அதை கீழே விழாதவாறு தடுக்கிறது. தாரையை விட்டுப் பந்து சற்று விலகினால், வெளிக் காற்று—வேகம் குறைவாயிருப்பதனால் அதன் அழுத்தம் அதிகமாயிருக்கிறது—பந்தைக் காற்றுத் தாரைக்குள் திருப்பிவிடுகிறது.

இணையான போக்கில் அமைதியான நீரில் ஓடும் இரு கப்பல்களை, அல்லது ஓடும் நீரில் நிலையாக இருக்கும் இரு கப்பல்களை—இரண்டும் ஒன்றுதான்—படம் 71 காட்டுகிறது. இரு கப்பல்களுக்கிடையே உள்ள குறுகிய நீரோட்டத்தின் வேகம் வெளியேயுள்ள நீரின் வேகத்தைவிட அதிகமாயிருக்கிறது; எனவே இவ்விடத்தில் நீர் செலுத்தும் அழுத்தம் குறைவாயிருக்கிறது. இதன் விளைவாய் வெளிப்பக்கத்து



படம் 71. இணை திசைகளில் செல்லும் இரு கப்பல்கள் ஒன்றையொன்று கவர்ந்திழுக்கின்றன.



படம் 72. கப்பல்கள் முன்னேக்கி நகரும் போது கப்பல் B மூக்குப் பக்கமாகக் கப்பல் Aஐ நோக்கித் திரும்புகிறது.

நீரின் அதிகமான அழுத்தம் இரு கப்பல்களையும் நெருங்கி வரும்படிச் செய்கின்றது—மாலுமிகள் இதை நன்கு அறிவர்.

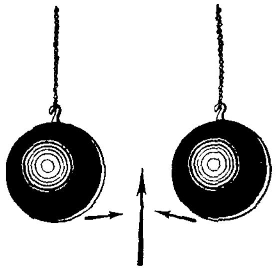
படம் 72இல் மேலும் சிக்கலான ஒரு நிலைமை காட்டப்படுகிறது. இங்கு ஒரு கப்பல் மற்றதைவிடச் சற்று முன்னல் செல்கிறது. F, F என்னும் இரு விசைகளும் இக்கப்பல்களை நெருங்கி வந்து சேருமாறு தள்ளுகின்றன, இவ்விசைகள் இரு கப்பல்களையும் ஒன்றை நோக்கி ஒன்றைத் திருப்ப முயலுகின்றன. B கப்பல் மிகவும் பலமாய் A கப்பலை நோக்கித் திருப்பப்படுகிறது. வேகமாய்த் திரும்ப முனைவதால் கப்பலோட்டியால் கட்டுப்படுத்த இயலாமற் போய் மோதல் தவிர்க்க முடியாததாகிவிடுகிறது.

படம் 71இல் விளக்கப்பட்டதை இன்னொரு விதத்திலும் தெளிவுபடுத்தலாம். படம் 73இல் இது காட்டப்படுகிறது. இங்கு இலேசான இரு ரப்பர் பந்துகள் தொங்கவிடப்பட்டு அவற்றுக்கிடையே காற்று ஊதப்படுகிறது. உடனே பந்துகள் நெருங்கி வந்து இணையக் காணலாம்.

மீன்களுக்குக் காற்றுப் பைகள் இருப்பது ஏன்?

மீனுக்கு அதன் காற்றுப் பை என்ன வேலை செய்கிறது? மீன் மேற்பரப்பிற்கு வருவதற்காகத் தனது காற்றுப் பைக்குள் காற்றை நிரப்பிக் கொள்கிறதெனச் சொல்லப்படு

கிறது — இது பொருத்தமான காரணமாகவே தோன்றுகிறது. இச்செய்கை மீனின் உடலினது பரிமாணத்தை அதிகரிக்கச் செய்வதாகவும், எனவே பெயர்த்தகற்றப் படும் நீரின் எடை மீனின் எடையை விட அதிகமாவதால், மிதப்பு விசை மீனை உயரே எழும்பச் செய்வதாகவும் கூறப்படுகிறது. மீன் மேலே எழும்புவதை நிறுத்திக் கொள்ளும்போது, அல்லது கீழே இறங்க விரும்பும்போது, அது காற்றுப் பையை இறுக்கிக்கொள்வதாகவும், அதன் உடலின் பரிமாணமும், பெயர்த்தகற்றப்படும் நீரின் எடையும் குறைவதாகவும், இதன் விளைவாய் ஆர்க்கிமிடீஸ் கோட்பாட்டிற்கிணங்க மீன் கீழே அமிழ்ந்துவிடுவதாகவும் சொல்லப்படுகிறது.



படம் 73. இலேசான இரு பந்துகளின் நடுவே காற்றுத் தாரையைச் செலுத்தும் போது அவை ஒன்றோடொன்று சேருகின்றன.

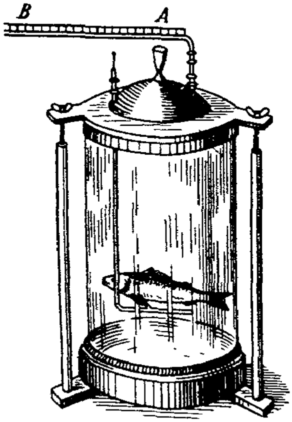
மீனுடைய காற்றுப் பையின் நோக்கம் குறித்த இந்தக் கொச்சையான விளக்கம் 17ஆவது நூற்றாண்டிலிருந்து கூறப் பட்டு வருகிறது. முதன் முதலில் 1685இல் ஃபிளாரென்ஸ் பேரவையைச் சேர்ந்த பேராசிரியர் பொரெல்லி இதை எடுத்துரைத்தார். 200 ஆண்டுகளுக்கும் மேலாக எவ்வித ஆட்சேபணையுமின்றி இது ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டு ஒவ்வொரு பள்ளிப் பாடப்புத்தகத்திலும் கூறப்பட்டு வந்தது. ஆனால் அண்மைக் காலத்து ஆராய்ச்சிகள் இதைத் தவறென்று நிரூபித்திருக்கின்றன.

காற்றுப் பை மீனுக்கு நீந்த உதவுகிறது என்பதில் சந்தேகம் இல்லை. அது நீக்கப் பெற்ற மீன்கள் மிகுந்த சிரமத்துடன்தான் துடுப்புக்களின் துணை கொண்டு நீந்த வேண்டியிருக்கிறது. துடுப்புக்கள் வேலை செய்யாமல் நின்றவுடன் கற்களைப் போல் இம்மீன்கள் நேராக நீரின் அடிமட்டத்திற்கு அழுந்திவிடுகின்றன.

அப்படியானல் காற்றுப் பை இருப்பதன் நோக்கம் என்ன? குறுகிய வரம்புகளுக்குட்பட்ட பணியையே அது

செய்கிறது. அது செய்வதெல்லாம், பெயர்த்தகற்றப்பட்ட நீரின் எடை மீனின் எடைக்குச் சமமாயிருக்கும் குறிப்பிட்ட ஓர் ஆழத்தில் அதைத் தங்கியிருக்கும்படிச் செய்வதுதான். மீன் தனது துடுப்புக்களை அசைத்துக் கீழே இறங்கும் போது சுற்றியுள்ள நீரின் பேரழுத்தத்தினுல் அதன் உடல் சுருங்கி காற்றுப் பையையும் இருக்குகிறது. இது பெயர்த்தகற்றப் பட்ட நீரின் எடையை மீனின் எடையைவிடக் குறையச் செய்வதால் மீன் கீழே அமிழ்கிறது. அது கீழே செல்லச் செல்ல அழுத்தமும் அதிகமாகிறது (ஒவ்வொரு பத்து மீட்டர் ஆழத்திற்கும் அழுத்தம் ஒரு வளிமண்டலத்துக்குரிய அளவு அதிகரிக்கிறது). மீனின் உடலை இது மேலும் இறுக்குவதனுல், மீன் மேலும் விரைவாக அமிழ்கிறது.

மீன் தான் சமநிலையிலிருந்த நீரின் அடுக்கிலிருந்து தன்னை மேலே உயர்த்திக் கொள்ளும்போது நடப்பதும் இதுவே தான், ஆனுல் இப்பொழுது நேர் எதிர் முறையில் நடக்கிறது. இப்போது, சுற்றியுள்ள அழுத்தம் குறைகிறது; ஆகவே மீனின் காற்றுப் பை விரிந்து அதன் உடலின் பரிமாணத்தை அதிகரிக்கச் செய்து, அதை மேலே வேகமாய் உயரும்படிச் செய்கிறது. மீன் மேலே செல்லச் செல்ல, அதன் உடலும் அதிக அளவிற்கு உப்புகிறது. எனவே மிக விரைவாக அது உயரே எழும்புகிறது. மீன் தனது "காற்றுப் பையை இறுக்கி" மேலே எழும்புவதை நிறுத்த முடியாது; ஏனெனில் இக்காற்றுப் பையின் சுவர்களில் தசைகள் இல்லை.



படம் 74. மீன் பரிசோதனை.

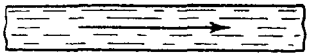
பின்வரும் பரிசோதனை, மீனினது உடலின் பரிமாணம் மீன் செயலற்றுச் சும்மாயிருக்கையிலும் அதிகமாவதை நிரூபிக்கிறது (படம் 74). குளோரோபார்ம் மயக்க மருந்து கொடுக்கப்பட்ட சிறியதோர் ஆற்றுமீன், இயற்கையான நீர்த் தேக்கம் ஒன்றில் குறிப்பிட்ட ஓர் ஆழத்தில் இருக்கும் அழுத்தத்திற்கு ஏறக்

குறையச் சமமான அளவிற்கு அதிகமாக்கப்பட்ட அழுத்த முள்ள, காற்றுப்புகா நீர்க்கலம் ஒன்றில் விடப்பட்டது. நீரின் மேற்பரப்பில் மீன் மல்லாந்து செயலற்றுக் கிடந்தது. சற்றே கீழே அமிழ்த்தப்பட்டபோது, அது மீண்டும் மேற்பரப் பிற்கு உயர்ந்து வந்தது. கிட்டத்தட்ட அடித்தரை வரை ஆழ்த்தப்பட்டபோது, அது நேராக அடிமட்டத்துக்கு அமிழ்ந்து சென்றுவிட்டது. இந்த இரண்டு மட்டங்களுக் குமிடையே, அது மேலும் கீழே அமிழாமலும் மேல்மட் டத்திற்கு வராமலும் சமநிலையில் இருந்தது. மீன் செய லற்றுச் சும்மாயிருக்கையிலும் அதன் காற்றுப் பை விரிவ தாலும் இறுகுவதாலும்தான் இப்படி நடைபெறுகிறது என் பது இதிலிருந்து விளங்குகிறது.

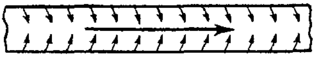
ஆகையால், சாதாரணமாக உள்ள கருத்திற்கு மாறாக, மீன் தன் விருப்பப்படி காற்றுப் பையை இறுக்கவோ விரியச் செய்யவோ முடியாது. அதன் பரிமாணம், கூடுதலான அல் லது குறைவான அழுத்தம் காரணமாக — பாய்ல்-மாரியட் விதிக்கிணங்க — மாறுகிறது; ஆனால் மீனின் செயலின்றியே இது நடைபெறுகிறது. இந்த மாறும் பரிமாணம் மீனை மிக வும் வேகமாய் உயரவோ கீழேயோ செல்லச் செய்வதனால் மீனுக்குத் தீங்கையே விளைவிக்கிறது. சுருங்கச் சொன்னால், மீன் நகராமலிருக்கும்போது அதைச் சமநிலையில்—அதுவும், உறுதியில்லாச் சமநிலையில் — வைத்துக் கொள்வதற்கு அதன் காற்றுப் பை துணை செய்கிறது. இதுதான் — நீந்துவதைப் பொறுத்தவரை — மீனின் காற்றுப் பை புரியும் மெய்யான பணி. அதற்கு வேறு பணிகள் இருக்கின்றனவா என்பது நமக்குத் தெரியாது—காற்றுப் பை இன்னமும் ஒரு மர்ம மாகவே உள்ளது. அதன் திரவ நிலையியல் பணி மட்டுமே தற்போது சரிவர விளக்கப்பட்டிருக்கிறது.

நான் மேலே கூறியிருப்பதை மீனவர்களின் அனுபவம் உறுதிப்படுத்துகிறது. ஆழமான நீரில் மீன் பிடிக்கும்போது, சில சமயம் தூண்டிலிலிருந்தோ வலையிலிருந்தோ மீன் தப்பி விடுகிறது. எனினும் எதிர்பார்ப்பதற்கு மாறாக, அது பிடிக் கப்பட்ட ஆழத்துக்கு மீண்டும் மூழ்குவதில்லை, மேல் மட்டத் திற்கு விரைந்தோடுகிறது—அதன் காற்றுப் பை துருத்திக் கொண்டிருப்பதை அடிக்கடி காணலாம்.

பௌதிகவியலின் சர்வசாதாரண விதிகள் பல எளிய பௌதிக நிகழ்ச்சிகளை விளக்குவதில்லை. காற்றுள்ளபோது வீசும் கடல் அலைகளைப் போன்ற அடிக்கடி காணப்படும் நிகழ்ச்சிகள்கூட பள்ளிப் பௌதிகவியலின் வரையறைகளுக்குள் முழு விளக்கம் பெறுவதில்லை. அமைதியான நீரைக் கிழித்துச் செல்லும் படகு அலைகளை உண்டாக்குவது ஏன்? காற்று வீசும் நாளில் கொடிகள் ஏன் படபடக்கின்றன? கடற்கரை மணல் அலை வரி படிந்து இருப்பது ஏன்? புகைக் கூண்டிலிருந்து வெளிவரும் புகை ஏன் சுருண்டு எழுகிறது?



படம் 75. குழாயில் திரவத்தின் அமைதி (படிவு) ஓட்டம்.



படம் 76. குழாயில் திரவத்தின் சுழற்சி (கொந்தளிப்பு) ஓட்டம்.

இவற்றையும் இவை போன்ற வேறு பலவற்றையும் விளக்குவதற்கு திரவங்கள், வாயுக்கள் ஆகியவற்றின் சுழலும் ஓட்டத்தின் தனிப்பட்ட இயல்புகளை நாம் அறிந்து கொள்ள வேண்டும். பள்ளிப் பாடப் புத்தகங்களில் இவை அனேகமாய் இடம் பெறுவதில்லை, ஆதலால் சில முக்கிய அம்சங்களை இங்கு கவனிப்போம்.

குழாய் வழியே திரவம் பாய்வதாக வைத்துக் கொள்ளுங்கள். திரவத்தின் எல்லாத் திவலைகளும் குழாய் நெடுகிலும் இணைக் கோடுகளில் நகரும் போது, பௌதிகவியலாளர்கள் கூறுவதுபோல், அமைதியான ஓட்டம் அல்லது படிவு ஓட்டம் எனப்படும் எளிய வகைத் திரவ ஓட்டத்தைப் பார்க்கிறோம். ஆயினும், இது அடிக்கடி நிகழ்வதில்லை. திரவம் குழாய்களின் வழியாகப் பாயும்போது, அது ஓர் அமைதியற்ற நிலையிலேயே செல்கிறது; குழாயின் சுவர்களிலிருந்து அதன் அச்சை நோக்கிச் சுழல்கள் பரவிச் செல்கின்றன. படிவு ஓட்டம் இருக்கும் குறுகிய குழாய்களைப் புறக்கணித்து

விட்டோமானால் பெரும் நீர்க் குழாய்களில் நாம் காண்பது இந்தச் சுழல் ஓட்டம் அல்லது கொந்தளிப்பு ஓட்டம் என்பதே யாகும். குறிப்பிட்ட விட்டமுள்ள ஒரு குழாயில் குறிப் பிட்ட திரவத்தின் ஓட்டத்தின் வேகம் குறிப்பிட்ட ஓர் அளவை—**அவதி** வேகம் எனப்படுவதை—அடையும்போது இந்தக் கொந்தளிப்பு ஓட்டம் காணப்படுகிறது. (குறிப்பிட்ட ஒரு திரவத்தின் அவதி வேகம் அதன் பிசுபிசுப்புக்கு* நேர் விகிதத்திலும், அதன் அடர்த்திக்கும் அது பாய்ந்தோடும் குழாயின் விட்டத்திற்கும் எதிர்விகிதத்திலும் உள்ளது.)

ஒரு கண்ணாடிக் குழாயில் இருக்கும் ஒளிபுகு திரவத்தில் இலேசான தூளை—எடுத்துக்காட்டாக லைக்கோப்போடியம் எனப்படும் ஒருவகைப் பாசியின் பொடியை — சேர்த்து, குழாய் வழியாய் அந்தத் திரவம் ஓடும்போது உண்டாகும் சுழல்களைக் கண்ணிற்குத் தெரியும்படிச் செய்ய முடியும். அப்போது, சுழல்கள் குழாயின் சுவரிலிருந்து அதன் அச்சை நோக்கிப் பரவுவது கண்ணுக்குத் தெரியும்.

கொந்தளிப்பு ஓட்டத்தின் இச்சிறப்பியல்பு பனிப்பதப் பெட்டிகளிலும் உறையவைக்கும் சாதனங்களிலும் நன்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. குளிர்விக்கப்பெற்ற சுவர்களுள்ள குழாயின் வழியாகக் கொந்தளிப்பு ஓட்டத்தில் செல்லும் ஒரு திரவம் தனது திவலைகள் எல்லாவற்றையும், அவ்வாறு செல்லாதிருக்கும்போது இருப்பதைவிட விரைவாக, குளிர்ந்த சுவர்களுக்கு அருகே கொண்டுவருகிறது. இடைக் கலப்பு இல்லாவிட்டால் திரவங்கள் மிகவும் பையவே குளிர்ச்சியோ வெப்பமோ அடைகின்றன. ஏனென்றால் திரவங்கள் வெப்பத் தைக் கடத்தும் திறன் அதிகமில்லாதவை. ரத்தமும் அதைச் சுற்றியிருக்கும் திசுக்களும் வெப்பத்தையும் பொருள்களை யும் அவ்வளவு விரைவாக மாற்றிக் கொள்ள முடிவதற்குக்

---

* பாய்மம் (திரவம் அல்லது வாயு) ஒன்றின் திவலைகளுக் கிடையேயுள்ள, அதன் ஓட்டத்தையோ, வடிவ மாற்றத்தை யோ தடுக்கும் அக உராய்வு பிசுபிசுப்பு எனப்படுகிறது. பாய் மத்தின் வெவ்வேறு அடுக்குகள் வெவ்வேறு வேகங்களில் நகரும்போது, அதிக விரைவுடன் நகரும் அடுக்குகளின் வேகத்தைக் குறைக்கவும், மெல்ல நகரும் அடுக்குகளின் வேகத்தை அதிகரிக்கச் செய்யவும் முற்படும் பிசுபிசுப்பு விசைகள் செயல்படுகின்றன.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

காரணம், ரத்தக் குழாய்களில் ரத்தம் படிவு ஓட்டமாய் அல்லாமல் கொந்தளிப்பு ஓட்டமாகச் செல்லுவதுதான்.

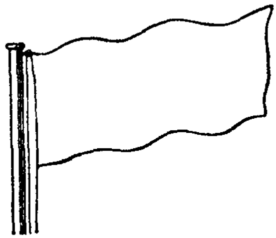
குழாய்களில் செல்லும் திரவங்கள் குறித்துக் கூறியது அனைத்தும் திறந்த கால்வாய்களுக்கும் ஓடைகளுக்கும் பொருந்தும். ஏனெனில் இவற்றில் நீர் கொந்தளிப்புடனேயே செல்லுகிறது. ஆற்றில் நீர் ஓட்டத்தின் திட்டமான அளவுகளை எடுக்கும்போது, நமது கருவிகள், முக்கியமாய் அடித் தளத்திற்கு அருகில், துடிப்புக்களைப் பதிவு செய்கின்றன; இவை ஓட்டத்தின் திசை இடையறாது மாறிக் கொண்டிருப்பதை, அதாவது சுழல்களைக் குறிப்பனவாகும். ஆற்றிலுள்ள நீர்த் திவலைகள் எல்லாம், சாதாரணமாய் யாரும் நினைக்கக் கூடியதுபோல் அதன் போக்கில் நகருவது மட்டுமன்றி, அதன் கரைகளிலிருந்து மையத்தை நோக்கியும் நகருகின்றன. எனவே, ஆற்றின் பெரும் ஆழத்தில் நீரின் வெப்பநிலை வருடம் பூராவும் பூஜ்யத்திற்கு மேல் 4 டிகிரி சென்டிகிரேட் அளவிலேயே நிலையாக இருக்கிறது என்று சொல்வது தவறாகும். இடைக் கலப்பு காரணமாக, ஆற்றில்—ஏரியில் அல்ல—அடிமட்டத்துக்கு அருகில் ஓடும் நீரின் வெப்பநிலை மேற்பரப்பின் வெப்பநிலையைப்போன்றே உள்ளது. (**பௌதிகம் உங்களுக்குத் தெரியுமா?** என்னும் எனது புத்தகத்தில் இதைப் பற்றி விவரமாய்க் கூறுகிறேன்.)

ஆற்றின் அடிமட்டத்திற்கருகே சுழல் ஓட்டம் இலேசான மணலை எடுத்துச் சென்று, மணலில் ''அலைகளை'' உண்டு பண்ணுகிறது. அலை மேவிச் சென்ற கடற்கரையின் மீது நீங்கள் இதையே காணுவீர்கள் (படம் 77). அடிமட்டத்துக்கு அருகிலுள்ள நீரோட்டம் ஒரே சீராயிருந்தால், மணலான அடிப் பகுதி சம மட்டமாயிருக்கும்.

படம் 77. நீர்ச் சுழல்களினால் கடற்கரையில் உண்டான மணல் அலைகள்.

படம் 78. ஓடும் நீரில் சுழற்சியினால் கயிறு அலைகிறது.

ஆக, சுருங்கக் கூறுமிடத்து, நீர் ஓடும் யாவற்றின் மேற் பரப்பிலும் கொந்தளிப்பு ஓட்டம் இருப்பதைப் பார்க்கலாம். ஒரு நுனி கெட்டியாக முடியப் பெற்றும்-மறு நுனி கட்டப்படாமல் நீரோட்டத்தின் திசையில் தொங்க விடப் பெற்றுமுள்ள ஒரு கயிற்றின் நெளிவுகளைக் கொண்டு கொந்தளிப்பு இருப்பதைக் கண்டு கொள்ளலாம். இந்த இயக்கம் எப்படி உண்டாக்கப்படுகிறது? கயிற்றின் ஒரு பகுதிக்கு அருகே ஒரு சுழல் தோன்றி அப்பகுதியை இழுக்கிறது. மறு கணமே, மற்றொரு சுழல் தோன்றி அதை எதிர்த் திசையில் இழுக்கிறது; இவை இரண்டும் சேர்ந்து நெளிவு இயக்கத்தை உண்டு பண்ணுகின்றன. (படம் 78).


படம் 79. காற்றில் படபடக்கும் கொடி.

இப்போது, திரவங்களிலிருந்து வாயுக்களுக்கு, எடுத்துக் காட்டாக நீரிலிருந்து காற்றுக்கு வருவோம். சுழல் காற்றுகள் தரையிலிருந்து தூசியையும் கூளங்களையும் உயரத் தூக்குவதை நீங்கள் பார்த்திருப்பீர்கள். தரையினருகே காற்றின் கொந்தளிப்பு ஓட்டத்தினுல் ஏற்படும் விளைவே இது. நீர்ப் பரப்பின் மீது காற்று வீசும் போது, வளிமண்டல அழுத்தம் குறைவதனுல் சுழல்கள் உண்டாகும் இடங்களில் ''நீர்த் திமில்கள்'' தோன்றி, அலைகளை அல்லது திரைகளை உண்டாக்குகின்றன. பாலைவனத்திலோ, மணல் மேட்டுச் சரிவுகளிலோ மணல் ''அலைகள்'' உண்டாவதற்கும் இதுதான் காரணம் (படம் 80).

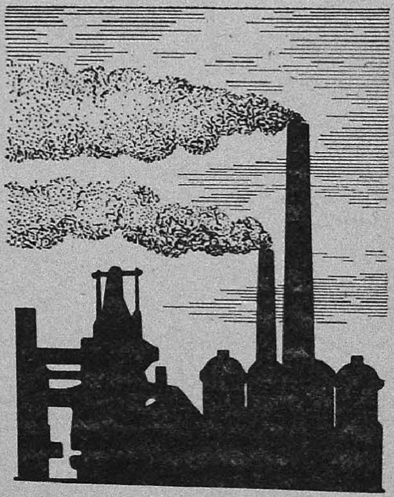
காற்றில் கொடி ஏன் படபடக்கிறது என்பது இப்பொழுது விளங்கும். இது நீரில் நெளியும் கயிற்றையே முழுதும் ஒத்ததாகும். காற்று வீசும் நாளில் காற்றுத் திசை காட்டி ஒரே திசையைக் காட்டாது, காற்றின் கொந்தளிப்புக்கேற்ப இடையருது அசைகிறது. தொழிற்சாலைப் புகைபோக்கியிலிருந்து வெளிவரும் புகையின் சுருள் வடிவமும் கொந்தளிப்பு ஓட்டம் காரணமாகவே ஏற்படுகிறது. உலையிலிருந்து கிளம்பும் வாயுக்கள் புகைபோக்கியில் சுழன்று மேலேறி, புகைபோக்கி

யிலிருந்து வெளியேறிய பிறகும், சடத்துவம் காரணமாய், சிறிது நேரம் தொடர்ந்து சுழன்று செல்கின்றன (படம் 81).

காற்றில் ஏற்படும் கொந்தளிப்பு, விமானங்களுக்கு மிகவும் முக்கியமானதாகும். விமானங்களுடைய இறக்கைகளின் வடிவம் அவற்றிற்கடியில் ஏற்படும் அடர்த்திக் குறைவான இடத்தை நிரப்பி, அவற்றிற்கு மேலே சுழல்களை அதிகப்படுத்தும் வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால், (கீழிருந்து) மிதக்கச் செய்யும் விசையும், (மேலிருந்து) இழுப்பு விசையும் உண்டாகின்றன (படம் 82). விரிக்கப் பெற்ற இறக்கைகளுடன் பறவைகள் உயரப் பறக்கும்போது இதுவே நிகழ்கிறது.

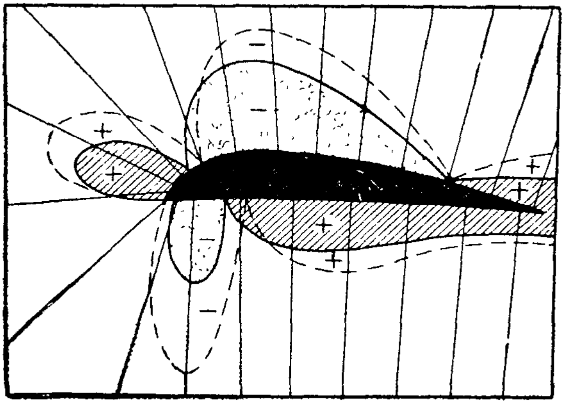
கூரை மீது காற்று அடிக்கும்போது நடைபெறுவது என்ன? காற்றின் சுழல் இயக்கங்களினால் கூரைக்கு மேலுள்ள காற்றின் அடர்த்தி குறைகிறது; இதை ஈடு செய்யும் வகையில் கூரைக்கு அடியிலுள்ள காற்று கூரையின்மீது அழுத்துகிறது. இதன் விளைவாக, இலேசான, நன்கு பிணைக்கப் படாத கூரையைக் காற்று தூக்கிச் செல்வதை அடிக்கடி காண்கிறோம். காற்று அதிகமாக வீசும் நாளில், பெரும் ஜன்னல்

படம் 80. பாலைவனத்தில் ''சிற்றலைகள்''.



படம் 81. புகைபோக்கியிலிருந்து வெளிவரும் புகை.

கள் உள்ளழுத்தம் காரணமாக உடைந்து போவதற்கும் இதுவேதான் காரணம். (வெளிப்புற அழுத்தத்தினுல் அவை உடைந்து போவதில்லை.) எனினும் இந்நிகழ்ச்சிக்கு மேலும் எளியதான ஒரு விளக்கம் உள்ளது. காற்ருேட்டங்களில் ஏற்படும் அழுத்தக் குறைவினுல் இது நிகழ்கின்றது. (மேலே குறிப்பிடப்பட்டுள்ள ''பெர்நூலி கோட்பாடு'' என்பதைப் பார்க்கவும்.) வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளும் ஈரப்பதன்களும்* உள்ள இரு காற்ருேட்டங்கள் இணைபாதைகளில் செல்லும்



படம் 82. விமானத்தின் இறக்கையின்மீது செயல்படும் விசைகள். இறக்கையில் காற்றழுத்தமும் (+), அடர்த்திக் குறைவும் (—) இவ்வகையில் அமைந்திருப்பதைப் பரிசோதனைகள் நிலைநாட்டியுள்ளன. மேலே தள்ளும் விசை, காற்றை உள்ளுக்கிழுக்கும் விசை ஆகியவை இணைந்து செயல்படுவதனுல் இறக்கை தூக்கப்படுகிறது. (அழுத்தம் எவ்விடங்களில் உள்ளது என்பதைத் தொடர்கோடுகள் குறிக்கின்றன; பறப்பின் வேகம் திடீரென அதிகரிக்கும்போது அழுத்தம் எங்ஙனம் செயல்படுகிறது என்பதைக் குறிப்பவை புள்ளிக் கோடுகள்.)

---

* காற்றிலுள்ள நீராவியின் அளவைக் குறிப்பது.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

போது ஒவ்வொன்றிலும் சுழல்கள் உண்டாகின்றன. நிற்க, மேகங்கள் வெவ்வேறு வடிவங்களை அடைவதற்கும் இதுவே முக்கியமான காரணம். சுழல் ஓட்டங்களுடன் எத்தனை வகையான நிகழ்வுகள் சம்பந்தப்பட்டுள்ளன என்பதையே இவை அனைத்தும் காட்டுகின்றன.

பூமியின் மையத்திற்குப் பயணம்

தரைக்கு அடியில் 3.3 கிலோமீட்டர் ஆழத்துக்கு மேல் யாரும் இறங்கியதில்லை. பூமியின் ஆரம் 6,400 கிலோமீட்டராதலால், அதன் மையத்திற்குச் செல்வதற்கு இன்னும் நெடுந் தொலைவு போயாக வேண்டும். ஜூல் வேர்ன் தமது விசித்திர மனிதராகிய பேராசிரியரையும் அவருடைய மருமகனையும் பூமியின் மையத்தை நோக்கி அனுப்பினார். இந்தப் பாதாளப் பயணிகளின் வியப்பூட்டும் தீரச் செயல்கள் **பூமியின் மையத்திற்குப் பயணம்** என்னும் விஞ்ஞானப் புதினத்தில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. நிற்க, பேராசிரியரும் அவருடைய மருமகனும் சமாளிக்க வேண்டியிருந்த, எதிர்பாராத இடையூறுகளில் ஒன்று, காற்றின் அடர்த்தியில் ஏற்படும் அதிகரிப்பாகும். உயரே செல்லச் செல்ல, காற்றின் அடர்த்தி குறைவதை அறிவீர்கள். உயரம் கூட்டல் விருத்தியில் அதிகரிக்கும்போது, காற்றின் அடர்த்தி பெருக்கல் விருத்தியில் குறைகிறது. மாறாக, கடல் மட்டத்தைவிட அதிக ஆழத்திற்குக் கீழே செல்லச் செல்ல மேலேயிருக்கும் அடுக்குகளின் அழுத்தத்தினால் காற்றின் அடர்த்தி அதிகரிக்கிறது. பேராசிரியரும் அவருடைய மருமகனும் இதைக் கவனிக்காமல் இருக்க முடியவில்லை. அவர்கள் 12 லீக் அல்லது 48 கிலோமீட்டர் ஆழத்தை அடைந்தவுடன் பின்வருமாறு பேசிக் கொண்டனர்:

" 'இப்போது அழுத்தமானியைக் கவனி. அது காட்டுவது என்ன?' என்று அவர் கேட்டார்.

" 'மிகுதியான அழுத்தம்.'

" 'மெல்ல இறங்கி, கீழேயுள்ள இவ்வளிமண்டலத்தின் அடர்த்திக்கு நம்மைப் படிப்படியாகப் பழக்கப்படுத்திக் கொண்டுவிட்டோமானால், நாம் அதிக சிரமமின்றிச் செல்லலாம்.'

" 'காதுகளில் ஓரளவு வலியைத் தவிர, நமக்குச்

சிரமம் ஏற்படாது என்றே நினைக்கிறேன்' எனச் சற்றுக் கடுப்பாய் நான் பதில் சொன்னேன்.

'' 'அது ஒரு பெரிய சிரமமல்ல.'

'' 'சரி' என்றேன். என் மாமா கூறுவதை எதிர்ப்பதில் பயன் ஏதும் இல்லை என்று தீர்மானித்துக் கொண்டு விட்டேன். 'அடர்த்தி மிக்க இவ்வளிமண்டலத்தில் மூழ்குவது சுவாரசியமாகவே இருக்குமென்று எனக்குத் தோன்றுகிறது. ஒலி எவ்வளவு ஆச்சரியமான முறையில் பரப்பப்படுகிறது என்பதைக் கவனித்தீர்களா?'

'' 'ஆம், கவனித்தேன். பூமியின் உட்பகுதியில் பயணம் செய்வது செவிட்டுத்தனத்தைப் போக்குவதற்கு ஒரு நல்ல சிகிச்சை என்பதில் சந்தேகமில்லை.'

'' 'ஆனால், மாமா, இவ்வடர்த்தி தொடர்ந்து அதிகரிக்குமே.... நாம் கீழே செல்லச் செல்ல காற்றின் அடர்த்தி இறுதியில் நீரின் அடர்த்திக்குச் சமமாகி விடாதா?'

'' 'அது தெரியும் எனக்கு. எழுநூற்று எழுபது வளிமண்டல அழுத்தங்களுக்கு நாம் உட்பட்டாக வேண்டும் என்று கலக்கமின்றி துணிவுடன் என் மாமா கூறினார்.

'' ' நாம் இன்னும் கீழே செல்லும் போது?' என்று இயல்பான கவலையுடன் கேட்டேன்.

'' 'இன்னும் கீழே சென்றால் அடர்த்தி மேலும் அதிகமாகும்.'

'' 'இத்தகைய அடர்த்தியில் நாம் தொடர்ந்து கீழே செல்ல முடியுமா?'

'' 'அருமை மருமகனே, பைகளில் கற்களை நிரப்பிக் கொண்டு நமது எடையை அதிகரித்துக் கொண்டு கீழே செல்லலாம்.'

'' 'நல்லது, மாமா; எதற்குமே நீங்கள் பதில் வைத்திருக்கிறீர்கள்.'

''ஊகங்கள் நிறைந்த விவாதத்தில் மேலும் ஈடுபடுவது நல்லதல்ல என்று நினைத்தேன். ஏனெனில், பேராசிரியருக்குக் கோபம் ஏற்படும்படியாக ஏதாவதொரு சங்கடமான பிரச்சினையை நான் நிச்சயம் எழுப்ப வேண்டி வந்திருக்கும்.

''இருந்த போதிலும், ஆயிரக் கணக்கான வளிமண்டல அழுத்தத்தில் காற்றானது முற்றிலும் ஒரு திடப்பொருளாகிவிடும் என்பதும், எங்களுடைய உடல் அவ்வழுத்தத்தை எதிர்ப்பதாகக் கொண்டால், எங்களுடைய அறிவுவாதங்கள் அனைத்திற்கும் மாறாக, நாங்கள் நின்றுவிட வேண்டும் என்பதும் தெளிவு. பிரத்தியட்சமான இந்த உண்மைகள் எல்லா வாதங்களையும் வென்றுவிடுகின்றன.''

ஜூல் வேர்னின் கூற்றைச் சரிபார்க்கலாம். நாவலாசிரியர் சொன்னது தவறு என்பதைக் காண்போம். இதைக் காண நாம் நமது புவிக் கோளத்தின் மையத்துக்குப் போக வேண்டியதில்லை, பென்சிலும் காகிதமும் கையில் இருந்தாலே போதும்.

வளிமண்டல அழுத்தம் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு அதிகரிப்பதற்கு நாம் எவ்வளவு ஆழம் செல்ல வேண்டும் என்பதை முதலில் கண்டுபிடிக்க முயலுவோம். சாதாரண அல்லது திட்ட வளிமண்டல அழுத்தம் 760 மில்லிமீட்டர் பாதரசத் தூணின் எடைக்குச் சமமானதாகும். நாம் பாதரசத்திலே இருப்பதாய்க் கொண்டால் அழுத்தம் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு அதிகரிப்பதற்கு $\frac{760}{1,000} = 0.76$ மில்லிமீட்டர் அளவிற்கே இறங்க வேண்டியிருக்கும். ஆனால் நாம் பாதரசத்தில் இல்லையாதலால் உண்மையில் நாம் மிக அதிக அளவிற்கு, பாதரசத்தைவிடக் காற்று எவ்வளவு மடங்கு இலேசாக இருக்கிறதோ அவ்வளவு மடங்கு, அல்லது திட்டமாகச் சொல்ல வேண்டுமானால், 10,500 மடங்கு அதிக அளவிற்கு இறங்க வேண்டியிருக்கிறது. ஆகவே, அழுத்தம் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு அதிகரிப்பதற்கு நாம் இறங்க வேண்டியது (பாதரசத்தில் இருப்பதைப் போல்) 0.76 மில்லிமீட்டர் ஆழம் அல்ல; மாறாக, $0.76 \times 10,500$ மில்லிமீட்டர், அதாவது சுமார் 8 மீட்டர் ஆழமாகும். ஒவ்வொரு 8 மீட்டர் ஆழத்திற்கும் அழுத்தம் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு உயரும். (அடுத்தடுத்துள்ள 8 மீட்டர் காற்றடுக்கு ஒவ்வொன்றும் அதற்கு முந்திய அடுக்கைவிட அடர்த்தியாகவும் மொத்த அழுத்த அதிகரிப்பு முந்திய அடுக்கில் இருந்ததைவிட அதிகமாகவும் இருக்கும் — முன்னிலும் கூடுதலான அழுத்தத்தில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்காய் இருக்குமாகையால், அதிகரிப்பு முன்பிருந்ததைவிட அதிகமாகவே இருக்க வேண்டும்.) நாம் ''உலகின் உச்சியிலோ'' (22 கிலோமீட்டர்), எவரெஸ்டுச் சிகரத்திலோ (9 கிலோமீட்டர்), அல்லது கடல் மட்டத்திலோ இருந்தாலும், அழுத்தம் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு உயருவதற்கு 8 மீட்டர் கீழே இறங்க வேண்டும். இதிலிருந்து, ஆழத்திற்கேற்ப

வளிமண்டல அழுத்தம் எவ்வாறு அதிகரிக்கிறது என்பதைக் காட்டும் பின்வரும் அட்டவணை கிடைக்கிறது:

தரை மட்டத்தில்,	அழுத்தம்		= 760 மி.மீ.	= திட்ட	அளவு
8 மீ. ஆழத்தில்,	அழுத்தம்		= 1.001	திட்ட	அளவு
2×8 மீ.	,,	,,	$= (1.001)^2$	,,	,,
3×8 மீ.	,,	,,	$= (1.001)^3$	,,	,,
4×8 மீ.	,,	,,	$= (1.001)^4$	,,	,,

எனவே $n \times 8$ மீ. ஆழத்தில் வளிமண்டல அழுத்தம் திட்ட அளவைவிட $(1.001)^n$ மடங்கு அதிகமாய் இருக்கும். அழுத்தம் அதிகமாயில்லாதபோது காற்றின் அடர்த்தி அதே வீதத்தில் உயரும் (மாரியட் விதி).

பேராசிரியரும் அவருடைய மருமகனும் 48 கிலோமீட்டர் வரையில்தான் இறங்கியதாக ஜூல் வேர்ன் கூறுகிறார். எனவே, ஈர்ப்பில் ஏற்படும் குறைவையும், அதனால் உண்டாகும் காற்றின் எடைக் குறைவையும் நாம் புறக்கணித்துவிடலாம். ஆகவே, 48 கிலோமீட்டர் அல்லது 48,000 மீட்டர் ஆழத்தில் ஜூல் வேர்னின் பாதாளப் பயணிகள் உள்ளாகிய அழுத்தம் எவ்வளவு? $n = 48{,}000 : 8 = 6{,}000$. ஆகையால், $1{,}001^{6{,}000}$ என்பதன் மதிப்பைக் கணக்கிட வேண்டும். 1.001ஐ அதனுலேயே 6,000 தடவை பெருக்குவது மிகவும் சிரமமான வேலை; இதற்கு மிகுதியான நேரம் வேண்டும். ஆகவே லாகரிதங்களைப் பயன்படுத்தி இதைக் கணக்கிடலாம். லாகிரதங்கள் உழைப்பைக் குறைத்துக் கணக்கிடுவோரின் ஆயுளை இரு மடங்காய் அதிகரிக்கிறது என்று மாபெரும் பிரெஞ்சு வானவியலாளர் லாப்ளஸ் மிகவும் பொருத்தமாய்க் கூறினர். (லாகரிதங்களை விரும்பாதோர் யாராவது இருந்தால், லாப்ளசின் **உலக அமைப்பின் விளக்கம்** என்னும் புத்தகத்திலுள்ள பின்வரும் வாக்கியங்களைப் படித்தாராயின் அவர் தமது கருத்தை மாற்றிக் கொண்டுவிடுவார்: "லாகரிதங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதானது, பல மாதங்கள் தேவைப்படும் கணக்கீடுகளை ஒரு சில நாட்களில் முடிக்கப்படக் கூடியனவாய்க் குறுக்கியும், நீண்ட கணக்கீடுகளின்போது ஏற்படும் தவறுகளிலிருந்தும் அலுப்பிலிருந்தும் காப்பாற்றியும் வானவியலாளரின் ஆயுளை இரு மடங்காய் அதிகமாக்கி

யுள்ளது எனலாம். இந்தச் சாதனை குறித்து மனித சிந்தை பெருமிதம் கொள்ளலாம். முற்றிலும் மனித சிந்தையிலிருந்தே பெறப்பட்டதாகையால் ஒன்றுக்கு இரு மடங்காய்ப் பெருமிதம் கொள்ளவும் நியாயம் உண்டு. தொழில் நுட்பவியலில் மனிதன் சுற்றிலுமுள்ள இயற்கையின் பொருள்களையும் சக்திகளையும் பயன்படுத்தியே தனது ஆற்றலைப் பெருக்கிக் கொள்கிறான். ஆனால் லாகரிதங்கள் அவ்வாறின்றி முழுக்க முழுக்க மனித சிந்தையின் சிருஷ்டியாகும்.'') லாகிரிதங்களை உபயோகித்து,

லாக் $x = 6{,}000 \times$ லாக் $1.001 = 6{,}000 \times 0.00043 = 2.6$ என்று கணக்கிடுகிறோம்.

2.6இன் லாகரிதத்திலிருந்து xஇன் மதிப்பு 400 என்று நமக்குத் தெரிகிறது.

எனவே, 48 கிலோமீட்டர் ஆழத்தில் வளிமண்டல அழுத்தம் திட்ட வளிமண்டல அழுத்தத்தைவிட 400 மடங்கு அதிகமாக இருக்கிறது. இவ்வழுத்தத்தில் காற்றின் அடர்த்தி 315 மடங்கு அதிகரிக்கும் என்று சோதனைகளிலிருந்து தெரிய வருகிறது. ஆதலால், ஜூல் வேர்னின் பாதாளப் பயணிகள் ''காதுகளில் ஓரளவு வலியைத்'' தவிர வேறெதையும் உணரவில்லை என்று சொல்வதை நாம் நம்ப முடியாது. ஆயினும், அவர்கள் இன்னும் கீழே 125 கிலோமீட்டர் ஆழத்திற்கும், 325 கிலோமீட்டர் ஆழத்திற்கும்கூடச் சென்றதாக ஜூல் வேர்ன் கூறுகிறார். அவ்வளவு ஆழங்களில் வளிமண்டல அழுத்தம் பிரம்மாண்டமான அளவுக்குப் பெருகியிருக்க வேண்டும். நிற்க, மனிதர்களினால் மூன்று முதல் நான்கு வளிமண்டல அழுத்தங்களுக்கு மேல் தீங்கின்றித் தாங்க முடியாது என்பதை நாம் அறிவோம்.

காற்றானது நீரின் அடர்த்தியை அடையும், அதாவது 770 மடங்கு அதிக அடர்த்தியுடையதாகும் ஆழத்தைக் கணக்கிட அதே சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தினால், அவ்வாழம் 53 கிலோமீட்டர் என்பது தெரிய வரும். எனினும் இது தவறாயிருக்கலாம், ஏனென்றால், பெரும் அழுத்தங்களைப் பொறுத்தவரை வாயுக்களின் அடர்த்தி, அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருப்பதில்லை. மாரியட் விதி சில நூறு வளிமண்டல அழுத்தங்கள் வரையில்தான் சரியாயிருக்கிறது.

பரிசோதனை வாயிலாகக் கண்டறியப் பெற்ற காற்று அடர்த்திகளின் அட்டவணை வருமாறு:

அழுத்தம்			அடர்த்தி
200	வளிமண்டல	அழுத்தம்	190
400	,,	,,	315
600	,,	,,	387
1,500	,,	,,	513
1,800	,,	,,	540
2,100	,,	,,	564

அழுத்தத்தின் அதிகரிப்பைவிட அடர்த்தியின் அதிகரிப்பு குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்குப் பின்தங்கிவிடுகிறது என்பதைப் பார்க்கலாம். நீரைக் காட்டிலும் அதிக அடர்த்தியுள்ள காற்று இருக்கும் ஓர் ஆழத்திற்குச் செல்ல முடியும் என்று ஜூல் வேர்னின் பேராசிரியர் கருதியது தவறு. 3,000 வளி மண்டல அழுத்தம் இருக்கும் நிலையில்தான் காற்று நீரினது அடர்த்தியைப் பெறுமாதலால், அந்த ஆழத்தை அவர் ஒரு போதும் அடைந்திருக்க முடியாது. அந்த அடர்த்திக்கு மேல் காற்று இறுகுவதில்லை. மேலும், சென்டிகிரேட் முறையில் பூஜ்யத்திற்குக் கீழே 146 டிகிரிக்கு ''உறையச் செய்தால்'' அன்றி, அழுத்தத்தினால் மட்டுமே காற்றைத் திடப் பொருளாக்கிவிட முடியாது.

ஆனால் நான் கொடுத்துள்ள விவரங்கள் அறியப்படுவதற்கு நெடுங்காலத்திற்கு முன்னதாகவே ஜூல் வேர்ன் இந் நாவலை எழுதினார் என்பதை நாம் கருத்தில் கொள்வது அவசியமாகும். எனினும் இது இந்நூலாசிரியரைக் குற்றமற்றவராக்குகிறதே ஒழிய இவர் கூறும் கதையை மெய்ப்பித்து விடாது.

தீங்கின்றி மனிதனால் எவ்வளவு ஆழம் செல்ல முடியும் என்பதை மேற்குறிப்பிட்ட சூத்திரத்தைக் கொண்டு நாம் கணக்கிடலாம். நம்மால் தாங்கக் கூடிய அதிகப்பட்ச அழுத்தம் மூன்று வளிமண்டல அழுத்தமாகும். நாம் கண்டுபிடிக்க வேண்டிய ஆழத்தை x என்று குறிப்பிடலாம். ஆகவே, நமக்குக் கிடைக்கும் சமன்பாடு

$$(1.001)^{\frac{x}{8}} = 3;$$

இதிலிருந்து, லாகரிதங்களின் உதவியினுல் Xஇன் மதிப்பு 8.9 கிலோமீட்டர் என்று கணக்கிடுகிருேம்.

எனவே உயிருக்கு ஆபத்து இல்லாமல், சுமார் 9 கிலோ மீட்டர் ஆழம்வரை மனிதனுல் செல்ல முடியும். பசிபிக் மாகடல் திடீரென வற்றிவிட்டால், அதன் அடித்தரையில் எங்கு வேண்டுமானுலும் நாம் வசிக்க முடியும்.

ஆழமான சுரங்கத்தில்

பூமியின் மையத்தை நோக்கி அதிகத் தூரம் சென்றுள்ளவர் யார்? கதாசிரியரின் கற்பனையில் அல்ல, உண்மையில் சென்றுள்ளவர் யார்? சுரங்கத் தொழிலாளர்கள் சென்றிருக்கிருர்கள். உலகத்திலேயே மிக ஆழமான சுரங்கம் தென்னுப்பிரிக்காவில் இருக்கிறது. (அத்தியாயம் 4ஐப் பார்க்கவும்). அது 3 கிலோமீட்டருக்கு மேல் ஆழமுள்ளது—அந்த ஆழம் வரைதான் மனிதர்கள் சென்றுள்ளனர். குடைவுக் கிணறுகள் 7.5 கிலோமீட்டர் வரையிலுங்கூட வெட்டப்பட்டுள்ளன. மோரோ வெல்ஹோ என்னும் ஒரு சுரங்கத்தைப் (சுமார் 2,300 மீட்டர் ஆழமுள்ளது) பார்த்து விட்டு, பிரெஞ்சு எழுத்தாளரான டாக்டர் லூக் டூர்ட்டேன் எழுதுவதாவது:

> ''மோரோ வெல்ஹோ என்னும் புகழ்பெற்ற தங்கச் சுரங்கங்கள் ரியோ டி ஜெனிரோவிலிருந்து சுமார் 400 கிலோமீட்டர் தொலேவில் இருக்கின்றன. பாறைப் பிராந்தியத்தைத் தாண்டி, 16 மணி நேர ரயில் பயணத்திற்குப் பிறகு, எல்லாப் பக்கங்களிலும் காடுகளால் சூழப்பெற்றுள்ள ஆழமான பள்ளத்தாக்கினுள் இறங்குகிறீர்கள். இங்கே, மனிதன் இதுவரை இறங்காத ஓர் ஆழத்தில் பிரிட்டிஷ் தொழில் நிறுவனம் ஒன்று தங்கம் தோண்டி எடுத்து வருகிறது.
>
> ''தங்க அடுக்கு கீழே சாய்ந்து செல்லுகிறது; சுரங்கம் அதை ஆறு படிகளில் தொடருகிறது. செங்குத்துக் குடைவுகள் கிணறுகளேப் போன்றும், கிடைமட்டமானவை குடைவுப் பாதைகளேப் போன்றும் இருக்கின்றன. பூமியின் மேலோட்டில் தோண்டப்பட்டுள்ள மிகவும் ஆழமான இந்தச் சுரங்கம், புவிக்கோளத்தின் ஆழ்மட்டங்களே அடைவதற்கான துணிகரமான இந்த மனித முயற்சி, தங்கத்தைத் தேடியெடுப்பதற்காக மேற்கொள்ளப்பட்டது என்பது நவீன சமுதாயத்தின் தனி இயல்பினேப் புலப்படுத்துகின்றது.

''இத்தான் மேலங்கியையும் தோல் சட்டையையும் அணிந்து கொள்ளுங்கள். விழிப்புடன் இருங்கள்; கிணற்றினுள் விழும் சின்னஞ்சிறு பொடிக் கல்லுங்கூட உங்களைப் பலமாய்க் காயப்படுத்திவிடும். சுரங்கத் தலைவர் ஒருவர் உங்களுடன் வருவார். நன்கு வெளிச்சமாயிருக்கும் முதலாவது குடைவுப் பாதையில் நுழைந்தவுடன், மேலும் ஆழமான இடங்களைக் குளிமையாக்குவதற்காக ஏற்பாடு செய்யப்பட்டிருக்கும் காற்றூட்ட அமைப்பிலிருந்து வரும், பூஜ்யத்திற்கு மேல் நான்கு டிகிரியாய் இருக்கும் காற்றில் நீங்கள் வெடவெடத்து நடுங்குவீர்கள்.

''முதல் எழுநூறு மீட்டர் குடைவுக் கிணற்றின் வழியாக குறுகலான ஓர் உலோகக் கூண்டில் சென்று, இரண்டாவது குடைவை அடைவீர்கள். பிறகு அடுத்த குடைவுக் கிணறு வழியே கீழே செல்லுவீர்கள். இதற்கிடையில், காற்று அதிக வெப்பம் அடைகிறது. ஏற்கனவே நீங்கள் கடல் மட்டத்திற்குக் கீழே வந்துவிட்டீர்கள்.

''அடுத்த குடைவுக் கிணற்றில் காற்று முகத்தைச் சுடுகிறது. வியர்வை வழிந்தோடுகிறது. தணிவான கூரைக்கு அடியில் குனிந்து நடக்கிறீர்கள், ஓலமிடும் துரப்பண இயந்திரங்களை நோக்கிச் செல்கிறீர்கள். இங்கே அடர்த்தியான புழுதிப் படலங்களுக்கிடையே சுரங்கத் தொழிலாளர்கள் இடுப்புக்கு மேல் உடுப்பின்றி வெற்றுடம்போடு நின்று வியர்வை வழிந்தோட வேலை செய்கிறார்கள். முடிவின்றி ஒவ்வொருவர் கையாய் மாறிச் செல்கிறது தண்ணீர்க் குடுவை. வெட்டிக் கீழே தள்ளப்படும் அந்தக் கனிப் பாளங்களைத் தொடாதீர்கள். 57 டிகிரி வெப்பமுள்ளவை அவை.

''சகிக்க முடியாத இந்தப் பயங்கரத்தால் கைவரப் பெறும் பலன் என்ன? நாள் ஒன்றுக்குச் சுமார் பத்து கிலோகிராம் தங்கம்.''

சுரங்கத்தினடியில் நிலவும் நிலைமைகளையும், சுரங்கத் தொழிலாளர்கள் கொடிய முறையில் சுரண்டப்படுவதையும் சித்திரிக்கையில் இந்த பிரெஞ்சு எழுத்தாளர் கடுமையான வெப்பநிலையைக் குறிப்பிடுகின்றார். ஆனால் அழுத்தம் குறித்து அவர் ஒன்றும் சொல்லவில்லை. 2,300 மீட்டர் ஆழத்தில் எவ்வளவு அழுத்தம் இருக்கும் என்பதைக் கணக்கிட முயலுவோம். வெப்பநிலை தரை மட்டத்திலிருப்பதைப் போல் மாறாமலிருந்தால், நமக்கு ஏற்கனவே பழக்கமாகியுள்ள சூத்திரத்தின்படி, காற்றின் அடர்த்தி

$$(1.001)^{\frac{2,300}{8}} = 1.33$$ மடங்கு அதிகரிக்கும்.

உண்மையில், வெப்பநிலை நிலையாயில்லை, அதிகரிக்கிறது. எனவே, காற்றின் அடர்த்தி அவ்வளவு அதிகமாய் உயருவதில்லை. கொளுத்தும் கோடை நாளில் இருக்கும் காற்றின் அடர்த்தி, குளிர் காலத்தின் கடுங் குளிர்க் காற்றின் அடர்த்தியிலிருந்து எந்த அளவிற்கு வேறுபடுகிறதோ, அந்த அளவிற்குத்தான் சுரங்கத்தின் அடியிலுள்ள காற்றின் அடர்த்தி தரைமட்டத்திலிருக்கும் காற்றின் அடர்த்தியிலிருந்து வேறுபடுகிறது. சுரங்கத்திற்கு வரும் பார்வையாளர்கள் வேறுபாடு எதையும் கவனிக்காமல் இருப்பதற்கு இதுவேதான் காரணம்.

ஆனுல் ஆழமான சுரங்கங்களில் உயர் வெப்பநிலைகளில்க்கு காற்றின் ஈரப்பதன் தாங்க முடியாத நிலைமைகளை உண்டாகிறது. இது மிகவும் முக்கியமானதாகும். தென்னுப்பிரிக்காவில் யோஹான்ஸ்பர்கிற்கு அருகேயுள்ள ஒரு சுரங்கத்தில் (2,553 மீட்டர் ஆழமுள்ளது) 50 டிகிரி வெப்பநிலையில் 100 சதவீதம் ஈரப்பதன் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. இதைச் சமாளிப்பதற்கு, காற்றுப்பதன ஏற்பாடுகள் செய்யப்பட்டிருக்கின்றன, இவற்ருல் ஏற்படும் குளிர்ச்சி 2,000 டன் பனிக்கட்டி இருப்பதற்குச் சமமாகும்.

ஸ்ட்ராட்டோஸ்பியர் பலூனில்

இதுவரை நாம் பூமியின் ஆழ்மட்டங்களினுள் பயணம் — கற்பனு முறையில்தான் — செய்து கொண்டிருந்தோம்; ஆழத்திற்கேற்ப அழுத்தம் எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதைக் காட்டும் சூத்திரம் இதில் நமக்குப் பெரிதும் உதவியாக இருந்தது. இனி உயரே செல்லுவோம்; அதே சூத்திரத்தைக் கையாண்டு அதிக உயரங்களில் வளிமண்டல அழுத்தம் எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதைப் பார்க்கலாம். சூத்திரத்தை இப்போது சற்று மாற்றிப் பின்வருமாறு எழுத வேண்டியிருக்கும்:

$$p = 0.999^{\frac{h}{8}};$$

இதில் p வளிமண்டல அழுத்தத்தையும், h உயரத்தையும் (மீட்டர்களில்) குறிக்கும். முந்தி இருந்த 1.001க்குப் பதிலாக இப்போது 0.999 என்னும் தசமப் பின்னம் இருக்கிறது; ஏனெனில் ஒவ்வொரு 8 மீட்டருக்கும் அழுத்தமானது 0.001 அளவு உயருவதற்குப் பதிலாக 0.001 அளவு குறைகிறது.

இப்போது, முதலாவதாக, வளிமண்டல அழுத்தம் சரி பாதி குறைவதற்கு நாம் செல்ல வேண்டிய உயரம் எவ்வளவு?

இங்கு p 0.5க்குச் சமமாகும்; hஐக் கணக்கிட வேண்டும். நமது சமன்பாடு

$$0.5 = 0.999^{\frac{h}{8}}$$

என்றுகிறது. லாகரிதம் தெரிந்தவர்கள் இதற்கு எளிதில் விடை கண்டுபிடித்துவிடலாம். h=5.6 கிலோமீட்டர் என்பது விடை; இந்த உயரத்தில் வளிமண்டல அழுத்தம் சரி பாதியாகிவிட வேண்டும்.

இப்போது, நாம் இன்னும் மேலே சென்று, ஸ்ட்ராட்டோஸ்பியர்* எனப்படுவதைச் சேர்ந்ததாகக் கருதப்படும் 19 கிலோமீட்டர், 22 கிலோமீட்டர் உயரங்களையடைந்த துணிவு மிக்க சோவியத் வளிமண்டல விமானிகளைப் பின் தொடர்ந்து பார்ப்போம். இப்படிப்பட்ட உயரங்களுக்குச் செல்வதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் பலூன்கள் ஸ்ட்ராட்டோஸ்பியர் பலூன்கள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. 1933—1934ஆம் ஆண்டுகளில் ''யூ. எஸ். எஸ். ஆர்.'' ''ஒசோவியாகிம்-1'' என்னும் சோவியத் ஸ்ட்ராட்டோஸ்பியர் பலூன்கள் முறையே 19 கிலோமீட்டருக்கும் 22 கிலோமீட்டருக்குமான உலக ரெக்கார்டுகளை ஏற்படுத்திச் சாதனை கண்டன.**

---

* தரைமட்டத்துக்கு மேல் 18 முதல் 40 கிலோமீட்டர் வரை உள்ள வளிமண்டல அடுக்கு.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

** இப்போது சோவியத் பலூன் விமானிகள் உலக ரிக்கார்டை 34 கிலோமீட்டருக்கு உயர்த்தியிருக்கிறார்கள்—பதிப்பாசிரியர்.

இவ்வளவு பெரிய உயரங்களில் காற்றழுத்தம் எவ்வளவாக இருக்கும் என்பதைப் பார்ப்போம். 19 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் அது $0.999^{\frac{19,000}{8}} = 0.095$ வளிமண்டல அழுத்தம் $= 72$ மி. மீ. பாதரசத் தூணின் அழுத்தமாகவும்,

22 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் அது $0.999^{\frac{22,000}{8}} = 0.066$ வளிமண்டல அழுத்தம் $= 50$ மி. மீ. பாதரசத் தூணின் அழுத்தமாகவும் இருக்கும்.

ஆயினும் 19 கிலோமீட்டரில் 50 மில்லிமீட்டரும் 22 கிலோமீட்டரில் 45 மில்லிமீட்டரும் அழுத்தங்கள் பதிவு செய்யப்பட்டதாய் இச்சாதனைகளைப் பற்றிய குறிப்புகள் கூறுகின்றன. நாம் எங்கு தவறு செய்தோம்?

இத்தகைய குறைவான அழுத்தங்களில் மாரியட் விதி வாயுக்களின் விவகாரத்திலும் செயல்படுகின்றது. நாம் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளாதது என்னவென்றால், காற்றின் வெப்பநிலையில் ஏற்படும் மாறுதல்தான். வெப்பநிலையை நாம் நெடுகிலும் நிலையானதாக வைத்துக் கொண்டுவிட்டோம். உயரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, வெப்பநிலை குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்குக் குறைகிறது. ஒவ்வொரு கிலோமீட்டருக்கும் சராசரி 6.5 சென்டிகிரேட் டிகிரி வீதம் வெப்பநிலை குறைகிறது. 11 கிலோமீட்டர் வரை வெப்பநிலை தொடர்ந்து இந்த வீதத்தில் குறைந்து செல்கிறது. அதற்கப்பால், மிகக் கணிச உயரம் வரை இது பூஜ்யத்திற்குக் கீழே 56 சென்டிக்ரேட் டிகிரி அளவில் நிலையாக இருக்கிறது. இதைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொண்டால்—ஆரம்பக் கணிதத்தைக் கொண்டு இதைச் செய்ய முடியாது—உண்மை நிலைக்கு மிகவும் நெருங்கிய முடிவுகளை நாம் அடைவோம். இதே காரணத்தினால், ஆழமான சுரங்கங்களில் வளிமண்டல அழுத்தத்தைக் கணக்கிட்டபோது கிடைத்த முடிவுகளையும் தோராயமானவையாகவே நாம் கருத வேண்டும்.

அத்தியாயம் ஏழு

வெப்பம்

விசிறிகள்

பெண்கள் விசிறிக் கொள்கிறார்கள், அதனால் அவர்களுக்குக் குளுமையாய் இருக்கிறது. அப்போது அங்குள்ள ஏனையோருக்கு இடையூறு ஏதும் இல்லை, மாறாகக் காற்றைக் குளுமையாக்குவதற்காக அப்பெண்களை அவர்கள் பாராட்டவே வேண்டும் என்பதாய் நினைப்பீர்கள். உண்மையில் அப்படித்தானா என்று பார்ப்போம்.

நாம் விசிறிக் கொள்ளும் போது குளுமையாய் இருப்பது ஏன்? நமது முகத்தை ஒட்டியுள்ள காற்று வெப்பமடைகிறது. முகத்தை மூடினாற் போலிருக்கும் கண்ணுக்குத் தெரியாத இந்த வெப்பமான காற்றுப் படலம்தான் நமது முகத்தைச் ''சூடாக்குகிறது''; அதாவது, நமது முகம் வெப்பத்தை மேலும் வெளிவிட முடியாதபடி தடுக்கிறது. சுற்றியுள்ள காற்று அசையாது அமைதியாயிருக்கும் போது இவ்வெப்பமான படலம், அதைவிட குளுமையாகவும் கனமாகவும் இருக்கும் காற்றினால் படிப்படியாக மேலே தள்ளப்படுகிறது. இவ்வெப்பமான படலத்தை நாம் விசிறித் தள்ளும் போது, வெப்பமடையாத புதிய காற்று மேலும் மேலும் அதிகமாய் முகத்தைத் தொடுகிறது. இந்தக் காற்றினிடம்தான் முகம் தனது வெப்பத்தை வெளிவிடுகிறது. இவ்வாறுதான் நாம் நம்மைக் குளிமையாக்கிக் கொள்கிறோம்.

எனவே, பெண்கள் விசிறிக் கொள்ளும்போது காற்றின் வெப்பமான படலத்தைத் தொடர்ச்சியாக அப்புறப்படுத்துகின்றனர்; அது இருந்த இடத்திற்கு வெப்பம் அடையாத காற்று வருகிறது. இக்காற்றும் வெப்பமடைந்தவுடன்

அப்புறப்படுத்தப்பட்டு, அவ்விடத்திற்குக் குளிர்ந்த காற்று மீண்டும் வருகிறது.

விசிறிக் கொள்ளுதல் காற்று கலக்கப்படுவதை இங்ஙனம் துரிதப்படுத்தி, அறை முழுவதும் வெப்பநிலை சமனுவதற்குத் துணை செய்கிறது; அதாவது, அங்குள்ள ஏனையோரைச் சூழ்ந்திருக்கும் குளிர்ந்த காற்றை இடம்பெயரச் செய்து, விசிறி வைத்துக் கொண்டிருப்பவர் குளுமை பெற உதவுகிறது. விசிறிக் கொள்வதில் மற்றொரு முக்கியமான அம்சமும் உள்ளது. அதைப் பற்றி இப்போது சொல்லுகிறேன்.

காற்று வீசும்போது நாம் ஏன் அதிக அளவிற்குக் குளிரை உணருகிறோம்?

கடுங் குளிரானது காற்று பலமாய் வீசுகையில்தான் மிகவும் கடுமையாய் நம்மை வருத்துகிறது. காற்று வீசாத போது அது அவ்வளவு கடுமையாய்த் தெரிவதில்லை. ஏன் இப்படி என்று தெரியுமா உங்களுக்கு? காற்று வீசுவதால் குளிர் கடுமையாவது உயிருள்ளவற்றுக்கு மட்டும்தான், வெப்பமானியில் இதனால் திரவ மட்டம் இறங்கிவிடுவதில்லை. குளிர் நாளில் காற்று வீசும் போது நமக்குக் குளிர் ஏன் அவ்வளவு கடுமையாய்த் தெரிகிறதென்றால், நமது முகத்திலிருந்தும், பொதுவாய் நமது உடலிலிருந்தும் அதிகமான வெப்பத்தை இந்தக் காற்று எடுத்துச் சென்றுவிடுகிறது. நமது உடலால் கதகதப்பாக்கப்பட்டு உடலைச் சூழ்ந்திருக்கும் காற்றடுக்கை, காற்று வீசாத அமைதியான நாளில் குளிரும் சுற்றுப்புறக் காற்று அவ்வளவு சீக்கிரமாய் அப்புறப்படுத்துவதில்லை. காற்று எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு பலமானதாயிருக்கிறதோ, அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு நமது சருமத்தை ஒவ்வொரு நிமிடமும் தொடும் காற்றின் அளவும் அதிகமாகிறது. எனவே, ஒவ்வொரு நிமிடமும் நமது உடலிலிருந்து எடுத்துச் செல்லப்படும் வெப்பமும் அதிகமாகிறது. நாம் குளிரை அதிகமாய் உணர்வதற்கு இது முதலாவது காரணமாகும்.

மற்றொரு காரணமும் உள்ளது. குளிர்ந்த காற்றில்கூட நமது சருமம் நீர் ஆவியை எப்போதும் வெளிப்படுத்திக் கொண்டு தான் இருக்கிறது. வியர்வை உண்டாவதற்கு

வெப்பம் வேண்டும். இவ்வெப்பம் நமது உடலிலிருந்தும் அதைச் சூழ்ந்துள்ள காற்றடுக்கிலிருந்தும் கிடைக்கிறது. காற்று அசையாது இருக்கும் போது, சருமத்திற்கருகிலுள்ள காற்றில் ஈர்ப்பு விரைவில் நிறைநிலையை அடைந்துவிடுவதால் வியர்வை மெதுவாகவே ஆவியாகிறது (ஈரமுள்ள காற்றில் நீர் அவ்வளவு அதிக அளவிலும் அவ்வளவு வேகமாகவும் ஆவியாவதில்லை). ஆனால், சூழ்ந்திருக்கும் காற்று நகர்ந்து, மென்மேலும் புதிய காற்று சருமத்தைத் தொடும் போது வியர்வை வேகமாய் ஆவியாகிறது. ஆகவே இதற்குத் தேவையான ஏராளமான வெப்பம் உடலிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

காற்று எந்த அளவுக்குக் குளிர்ச்சி அளிக்க வல்லது? அது காற்றின் வேகத்தையும் வெப்பநிலையையும் பொறுத்தது. பொதுவாகக் கூறினால், நாம் வழக்கமாக நினைப்பதைவிட அது மிகவும் கூடுதலாகும். வீசும் காற்று உடற் சருமத்தின் வெப்பநிலையை எவ்வளவு அதிகமாய்க் குறைக்கிறது என்பதைக் காட்டுவதற்கு இதோ ஓர் எடுத்துக்காட்டு. காற்றின் வெப்பநிலை பூஜ்யத்திற்கு மேல் 4 சென்டிகிரேட் டிகிரி என்றும், காற்று வீசவில்லை என்றும் வைத்துக் கொள்ளுங்கள். அப்போது உடற் சருமத்தின் வெப்பநிலை 31 சென்டிகிரேட் டிகிரியாக உள்ளது. துணிக் கொடிகள் அனேகமாகப் படபடக்காமலும் இலைகள் சலசலக்காமலும் இருக்குமாறு வினாடிக்கு 2 மீட்டர் வேகமுடைய இலேசான மென் காற்று சருமத்தை 7 டிகிரி குளிரச் செய்யும். கொடியைப் படபடக்கச் செய்யும், அதாவது வினாடிக்கு 6 மீட்டர் வேகமுடைய காற்றோ சருமத்தின் வெப்பநிலையை 22 டிகிரி குறைத்து, அதைப் பூஜ்யத்திற்குக் கீழ் 9 டிகிரிக்குக் குளிரச் செய்துவிடும்!

ஆகவே, கடுங்குளிர் நம்மை எந்த அளவிற்குப் பாதிக்கும் என்பதை மதிப்பிடுவதற்கு, வெப்பநிலை ஒன்றை மட்டுமே கணக்கில் எடுத்துக் கொண்டால் போதாது; காற்றின் வேகத்தையும் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். ஒரே அளவுள்ள குளிரை மாஸ்கோவில்விட லெனின்கிராதில் பொறுத்துக் கொள்வது கடினமாயிருக்கும்; ஏனெனில், மாஸ்கோவில் காற்றின் சராசரி வேகம் வினாடிக்கு 4.5 மீட்டர், ஆனால் பால்டிக் கடற்கரைகளிலோ வினாடிக்கு 6

மீட்டர் ஆகும். காற்றின் சராசரி வேகம் விஞடிக்கு 1.3 மீட்டரே இருக்கும் பைக்கால் ஏரிக்கருகே கடுங்குளிரைப் பொறுத்துக் கொள்வது இன்னும் எளிதாயிருக்கும். எனவே தான், ஐரோப்பாவின் பலத்த காற்றுக்களுக்குப் பழக்கப் பட்ட நாம் நினைப்பதைப் போல், பூஜ்யத்துக்குக் கீழ் 40—60 சென்டிகிரேட் டிகிரி வரை அடிக்கடி சென்றுவிடும் பிரசித்தி பெற்ற கிழக்கு சைபீரியக் கடுங்குளிர் அவ்வளவு கடுமையாய் இருப்பதில்லை. கிழக்கு சைபீரியாவில், முக்கிய மாகக் குளிர் காலத்தில், காற்று அதிகம் வீசுவதே இல்லை.

பொசுக்கும் பாலைவனக் காற்று

நான் சற்றுமுன் சொன்னதிலிருந்து நீங்கள், வெய்யில் கொளுத்தும் சூடான நாளில் காற்று குளுமையளிக்க வேண் டுமே ஒழிய அனத்தக் கூடாது என்பீர்கள். பொசுக்கும் பாலைவனக் காற்று என்பதாய்ப் பயணிகள் கூறுகிருர்களே, அது எப்படி? இம்முரண்பாட்டிற்குக் காரணம், வெப்ப மண்டலங்களில் காற்று சாதாரணமாக நமது உடலைவிட அதிக வெப்பமாக இருப்பதுதான். இங்கு வீசும் காற்றுகள் மக்களுக்கு மேலும் வெப்பமாக இருப்பதில் வியப்பு ஒன்றுமில்லை. உடலிலிருந்து வெப்பத்தை எடுத்துக் கொள் வதற்குப் பதிலாக, இங்கு காற்ருனது உடலை வெப்பமடையச் செய்கிறது. எனவே, ஒவ்வொரு நிமிடமும் உடலைத் தழுவும் காற்றின்அளவு எவ்வளவுக்குஎவ்வளவுஅதிகமாயிருக்கிறதோ, அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு கடுமையாய் நாம் வெப்பத்தை உணருவோம். வியர்வை ஆவியாவதைக் காற்று விரைவாக்கி அதிகரிக்கச் செய்தாலும்கூட, அது நமக்குப் பயன்படு வதில்லை. பாலைவனத்து மக்கள் கதகதப்பான கம்பளி உடை களையும் மென்மயிர்த் தொப்பிகளையும் அணிந்து கொள் வதற்கு இதுதான் காரணம்.

முகத்திரை குளிரைத் தடுக்கிறதா?

அன்றாட பௌதிகவியலுக்குரிய பிறிதொரு பிரச்சினை இது. முகத்திரை அணிந்து கொள்வதால் கதகதப்பாக இருப்பதாகவும், அது இல்லாவிட்டால் குளிராயிருப்பதாக

வும பெண்கள் கூறுகின்றனர். சற்றுப் பெரிய வலைக்கண்களை யுடைய முகத்திரைகளைக் கவனிக்கும்போது, இவை குளிரைத் தடுப்பதாவது, எல்லாம் இப்பெண்களின் கற்பனை என்பதாய் சில ஆண்கள் நினைக்கிறார்கள்.

இது காறும் சொல்லப்பட்டவற்றைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளும் நீங்கள் இந்தப் பெண்கள் கூறுவதை வெறும் கற்பனை என்று ஒதுக்கிவிட மாட்டீர்களென நினைக்கிறேன். வலைக்கண்கள் எவ்வளவுதான் பெரியதாய் இருப்பினும், காற்று முகத்திரையினூடாக ஒரளவுக்கு மெல்லவே புகுந்து செல்லும். முகத்தையொட்டிச் சுற்றியிருக்கும் காற்றின் அடுக்கு வெப்பமடைகிறது; இவ்வெப்ப அடுக்கைக் காற்று அகற்றிச் செல்வதை முகத்திரை தடுக்கிறது. எனவே, பூஜ்ய வெப்பநிலையைவிடச் சில டிகிரிகளே குறைவாயிருக்கும் ஒரு நாளில் காற்று வீசும் போது வெளியே உலாவுகையில் முகத்திரை முகத்தைக் கதகதப்பாக வைத்துக் கொள்கிறது என்று பெண்கள் கூறினால் நீங்கள் அதை நம்பலாம்.

குளிர வைக்கும் மண் பானைகள்

சொரசொரப்பான மண் பானைகளில் இருக்கும் தண்ணீர் குளிர்ந்து போய்விடுகிறது. தம்முள் இருக்கும் நீரைக் குளுமை யாக்கிவிடும் வல்லமை கொண்ட இந்த மண் பானைகளைப் பார்த்திருப்பீர்கள், அல்லது அவற்றைப் பற்றி படித்தோ கேட்டோ இருப்பீர்கள், தென்திசை நாடுகளில் இவை சர்வசாதாரணமானவை; ஸ்பெயினில் ''அல்காரெஸ்ஸா'' என்றும், எகிப்தில் ''கவுலா'' என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

இந்தப் பானைகளின் இரகசியம் மிக எளிது. இவற்றிலுள்ள நுண்துளைகள் வழியே கசிந்து கொண்டிருக்கும் நீர் ஆவியாவதால் இந்தப் பானைகளிலிருந்தும் இவற்றிலுள்ள நீரிலிருந்தும் வெப்பம் கிரகிக்கப்படுகிறது.

ஆனால் இந்தப் பானைகள் தம்முள் இருப்பவற்றை வெகுவாய்க் குளிர வைத்துவிடுவதாய்த் தென்திசை நாடுகளில் பயணம் செய்துவிட்டு வருவோர் தவறாய்க் கூறுகின்றனர். இந்தப் பானைகள் தம்முள் இருக்கும் நீரைக் குளிர வைப்பது பல காரணக்கூறுகளையும் பொறுத்ததாகும். சுற்றிலுமுள்ள காற்று எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு வெப்பமாய் இருக்கிறதோ

அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு வேகமாகவும் அதிக அளவிலும் ஆவியாகின்றது, பானையின் வெளிப் பரப்புக்குக் கசிந்து வரும் நீர்; ஆகவே பானையிலுள்ள நீரும் அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு அதிகமாய்க் குளிர்ந்துவிடுகிறது. இதே போல காற்றின் ஈரப்பதனும் ஒரு காரணக்கூறுகும். காற்றின் ஈரப்பதன் அதிகமாய் இருந்தால் பானையிலிருந்து நீர் ஆவியாவது குறைந்துவிடுகிறது, பானை தன்னுள் இருக்கும் நீரைக் குளிர வைப்பதும் குறைந்துவிடுகிறது. இதற்கு மாருய்க் காற்று வறண்டிருந்தால் ஆவியாதல் அதிகரிக்கிறது, நீர் குளிரடைவதும் அதிகரிக்கிறது. காற்று வீசும்போது நீர் துரிதமாய் ஆவியாவதால், அது குளிரடைவதும் துரிதமாகின்றது—வெப்பமான நாளில் காற்று வீசும் போது ஈர உடை உடுத்திருக்கையில் இதை நீங்கள் கவனித்திருப்பீர்கள். இந்தப் பானைகளால் 5 டிகிரிக்கும் அதிகமாய் வெப்பநிலையைக் குறைக்க முடியாது. தென்பகுதிகளில் வெப்பநிலை சில சமயம் 33 டிகிரி சென்டிகிரேடுக்கும் அதிகமாயிருக்கும், வெயில் கொளுத்தும் வெப்பமான நாளில் இந்தப் பானையில் இருக்கும் நீர் 28 டிகிரியில் இருக்கும். செயல்முறையில் குளிர் விளைவு அதிகமில்லை என்பது தெரிகிறது. உண்மையில், இதற்காக அவை பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. குளிர்ந்த நீரைக் குளிர்ச்சியாக வைத்துக் கொள்ளவே அவை உபயோகிக்கப்படுகின்றன.

இந்தப் பானைகளின் குளிர்விக்கும் விளைவைக் கணக்கிடுவதற்கு முயலுவோம். இந்தப் பானை 5 லிட்டர்* நீர் பிடிக்கக் கூடியது எனவும், மேலும், 0.1 லிட்டர் நீர் ஆவியாகிவிட்டது என்றும் வைத்துக் கொள்வோம். 1 லிட்டர் (1 கிலோகிராம்) நீரை ஆவியாக்க வெப்பமான (33 சென்டிகிரேட் டிகிரி) நாளில் 580 காலரி** வெப்பம் தேவைப்படுகிறது. இங்கு ஆவியாகியது 0.1 கிலோகிராம்தான்; இதற்குத் தேவைப்படுவது 58 காலரிகள். இவ்வெப்பம்

---

* 1 லிட்டர்—1,000 கன சென்டிமீட்டர்.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

** கிராம் நீரின் வெப்பநிலையை 1 சென்டிகிரேட் டிகிரி அளவு உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பம் ஒரு காலரியாகும்.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

முழுதும் பானையிலுள்ள நீரிலிருந்து எடுக்கப்பட்டிருந்தால் அதன் வெப்பநிலை 58/5 அல்லது ஏறக்குறைய 12 டிகிரி குறைந்திருக்கும். எனினும், ஆவியாவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தில் பெரும்பகுதி பானையின் சுவர்களிலிருந்தும் அதைச் சூழ்ந்திருக்கும் காற்றிலிருந்தும் எடுக்கப்படுகிறது. மேலும், குளிர வைக்கப்படும் போது பானையிலுள்ள நீர் அதே சமயத்தில் பானையைச் சுற்றியிருக்கும் வெப்பக் காற்றினுல் சூடாக்கப்படுகிறது. இதனுல் வெப்பநிலையில் மெய்யாகவே ஏற்படும் குறைவு, அதாவது குளிர்ச்சி விளைவு, நாம் கணக்கிட்டுள்ள அளவில் பாதிக்கும் குறைவாகி விடுகிறது.

பானையிலுள்ள நீர் அதிகம் குளிர்ச்சியடைவது வெயிலிலா, நிழலிலா என்று கூறுவது கடினம். ஆவியாதலைச் சூரிய வெப்பம் துரிதப்படுத்துகிறது; ஆனுல், அதே சமயத்தில், சுற்றுப்புற வெப்பத்தால் பானையின் நீர் சூடாக்கப்படுவதும் அதிகமாகிவிடுகிறது. காற்று வீசும் நிழலான இடமே தண்ணீர்ப் பானையை வைப்பதற்குச் சிறந்த இடமென்று நான் நினைக்கிறேன்.

பனிக்கட்டி இல்லாத "பனிப்பெட்டி"

பனிக்கட்டி இல்லாமலே உணவைக் குளிர்விக்கும் "பனிப் பெட்டி" எனப்படுவதும், ஆவியாதலால் உண்டாகும் குளிர்ச்சியைக் கொண்டுதான் இயங்குகிறது. இது எளிய தோர் அமைப்பு. உணவுப் பண்டங்களை வைப்பதற்கான அலமாரித் தட்டுகளைக் கொண்ட ஒரு மரப் பெட்டியே இது—துத்தநாகத் தகடால் மூடப்பெற்ற இரும்புப் பெட்டியாய் இருந்தால் இன்னும் நல்லது. பெட்டியின் உச்சிமீது குளிர்ந்த நீருள்ள நீளமான பாத்திரம் ஒன்று இருக்கிறது. பெட்டியின் பின்புறத்தை ஒட்டினுற் போல் இருக்கும் கித்தான் துணியின் ஒரு நுனி இந்த நீருக்குள் இருக்கிறது. கித்தானின் மறு நுனியை அடித்தட்டிற்குக் கீழேயுள்ள பாத்திரத்தினுள் அமிழ்ந்திருக்கும்படிச் செய்யவும். மேலேயுள்ள பாத்திரத்தின் நீர் கித்தானை நனைத்து, ஒரு திரியினூடே செல்வது போல் கித்தான் வழியே கசிந்து செல்லும்போது மெல்ல ஆவியாகி, பெட்டியின் அறைகளைக் குளிராக்குகிறது. இவ்வமைப்பை

அறையின் மிகக் குளிர்ந்த இடத்தில் வைக்க வேண்டும். இரவில் அது மேலும் குளிர்ச்சியடையும் பொருட்டு ஒவ்வொரு மாலையிலும் நீரை மாற்ற வேண்டும். இரு பாத்திரங்களும் துணியும் சுத்தமாக இருக்க வேண்டும் என்பதைக் கூறத் தேவையில்லை.

நம்மால் பொறுத்துக் கொள்ளக் கூடிய அதிகப்பட்ச வெப்பம்

சாதாரணமாய் நினைப்பதை விட அதிக அளவிற்கு மனிதனுல் வெப்பத்தைத் தாங்கிக் கொள்ள முடியும். மித வெப்ப மண்டலங்களில் தாங்கக் கூடியதைக் காட்டிலும் வெப்ப மண்டலங்களில் குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்குஅதிகமான வெப்பநிலையை நம்மால் பொறுத்துக் கொள்ள முடியும். மத்திய ஆஸ்திரேலியாவில் கோடை வெப்பநிலை நிழலில் 46 சென்டிகிரேட் டிகிரிக்கு உயருகிறது — 55 சென்டிகிரேட் டிகிரிக்கு உயர்வதும் உண்டு. செங்கடல் வழியாகப் பாரசீக வளைகுடாவிற்குச் செல்லும் கப்பல்களின் அறைகளில், இடைவிடாது காற்றோட்டம் இருந்தும்கூட, வெப்பநிலை 50 டிகிரிக்கும் அதற்கு மேலும்கூட உயர்ந்திருக்கிறது.

உலகில் குறிக்கப்பட்டுள்ள அதிகப்பட்ச இயற்கை வெப்பநிலை 57 டிகிரிக்கு மேற்பட்டதில்லை. இந்த வெப்பநிலை பதிவு செய்யப்பட்ட இடம் காலிபோர்னியாவில் இருக்கும் ''சாவுப் பள்ளத்தாக்கு'' ஆகும். சோவியத் யூனியனில் அதிகப்பட்ச அளவிற்கு வெப்பமாயுள்ள இடமாகிய மத்திய ஆசியாவில், வெப்பநிலை 50 சென்டிகிரேட் டிகிரிக்கு மேல் ஒருபோதும் உயர்ந்ததில்லை.

மேற்குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைகள், நிழலில் எடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலைகளாகும் என்பதை நீங்கள் ஊகித்திருப்பீர்கள். ஏன் நிழலில் எடுக்கப்பட வேண்டும் என்பதைக் கூறுகிறேன். வெப்பமானி நிழலில்தான் காற்றின் சரியான வெப்பநிலையைப் பதிவு செய்யும். வெப்பமானியை நேரடியாக வெயிலில் வைத்தால், சுற்றிலுமிருக்கும் காற்றின் வெப்பநிலைக்கு மிக அதிகமாக அது சூடாக்கப்படலாம். வெப்பப் பருவ நிலைகள் குறித்துப் பேசும்போது, வெயிலில் வைக்கப்பட்டுள்ள வெப்பமானியின் அளவீடுகளைக் குறிப்பிடுவதில் பொருளில்லை.

மனித உடல் தாங்கக் கூடிய அதிகப்பட்ச வெப்பநிலையினைக் கண்டுபிடிப்பதற்காகப் பரிசோதனைகள் நிகழ்த்தப் பெற்றுள்ளன. சூடாக்கப்பட்ட ரொட்டிக் கிடங்கு ஒன்றில் பிளாக்டன், சென்ட்ரீ என்னும் பிரிட்டிஷ் பௌதிகவியலாளர்கள் சோதனைக்காக மிகப் பல மணி நேரம் தங்கியிருந்தனர். வறட்சியான காற்றில் நாம் படிப்படியாக வெப்பமடையும்போது, நீரின் கொதிநிலையையும் (100 சென்டிகிரேட் டிகிரி) விஞ்சிய ஒரு வெப்பநிலையை, 160 சென்டிகிரேட் டிகிரி அளவு வரையிலான வெப்பநிலையை நம்மால் பொறுத்துக் கொள்ள முடியும் என்று இவர்கள் நிரூபித்துக் காட்டினர். ''தீங்கு எதுவுமின்றி மனிதர்கள் இருக்கக்கூடிய (வெப்பமான) இடத்திலுள்ள காற்றில் நீங்கள் முட்டைகளை வேக வைக்கலாம்; இறைச்சித் துண்டை வறுக்கலாம்'' என்று டிண்டல் இது குறித்துக் கூறியுள்ளார்.

இதன் விளக்கம் என்ன? நமது உடல் தனது வெப்பநிலையை முறையான சாதாரண வெப்பநிலைக்கு அருகே வைத்துக் கொண்டு வெளியிலுள்ள அதிக வெப்பத்தை அண்டவிடாமல் விரட்டுகிறது என்பதுதான் விளக்கம். உடல் ஏராளமாக வியர்வையை வெளிப்படுத்தி வெப்பத்தை எதிர்க்கிறது. இவ்வியர்வை, உடலை ஒட்டியுள்ள காற்றின் அடுக்கிலிருந்து வெப்பத்தை உறிஞ்சி, வெப்பநிலையைப் போதுமான அளவிற்குக் குறைக்கிறது. முக்கிய தேவைகள் என்னவென்றால், உடலானது வெப்பத்தின் ஆதாரத்தை நேரடியாகத் தொடாமல் இருக்க வேண்டும்; காற்று முற்றிலும் வறட்சியாய் இருக்க வேண்டும்.

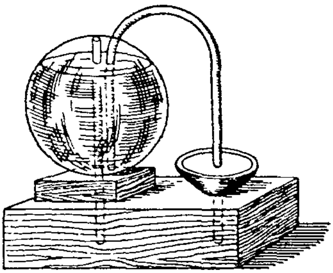
லெனின்கிராதில் 24 சென்டிகிரேட் டிகிரி வெப்பநிலையைத் தாங்கிக் கொள்வதைவிட மத்திய ஆசியாவிலுள்ள சோவியத் குடியரசுகளில் 37 சென்டிகிரேட் டிகிரி வெப்பத்தைத் தாங்கிக் கொள்வது எளிதாகும். இதற்குக் காரணம், லெனின்கிராதில் காற்றில் ஈரம் மிகுந்திருக்கிறது, மழை அரிதாயிருக்கும் மத்திய ஆசியாவில் காற்று வறட்சியாய் இருக்கிறது.

வெப்பமானியா, அழுத்தமானியா?

குளிக்கச் சென்ற அப்பாவி மனிதர் ஒருவர் குளிக்கத் துணியாமல் திரும்பியதாகவும், ''குளியல் தொட்டியில்

அழுத்தமானியை வைத்துப் பார்த்தேன், அது புயலின் குறியைக் காட்டிற்று'' என்று காரணம் கூறியதாகவும் ஒரு கதை உண்டு.

ஆனால் எது அழுத்தமானி, எது வெப்பமானி என்று எப்பொழுதுமே எளிதாய் அடையாளம் தெரிந்து விடுமென்று நினைக்காதீர்கள். அழுத்தமானிகள் என்று நாம் அழைக்கத்தக்க சில வகை வெப்பமானிகளும், வெப்பமானிகள் என்று நாம் உரிமையுடன் குறிப்பிடக்கூடிய சில வகைக் காற்றழுத்தமானிகளும் உள்ளன. இதற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு, அலெக்சாண்டிரியாவைச் சேர்ந்த ஹெரோனல் அமைக்கப்பட்ட வெப்பமானி (படம் 83). வெப்பமான சூரிய ஒளியில் கோளத்தின் மேற்பகுதியிலுள்ள காற்று விரிந்து நீரை அழுத்தி, அதை வளைந்த குழாயின் வழியாகச் செல்லும்படி வைக்கிறது. இக்குழாயின் நுனியிலிருந்து அந்நீர் ஒரு புனலின் வாயிலாகச் சொட்டி, அடியிலிருக்கும் பெட்டியில் சேருகிறது. ஆனல் குளிர்ந்த வானிலையில் கோளத்தினுள் காற்றழுத்தம் குறைந்துவிடுவதால் அடியிலிருக்கும் பெட்டியிலுள்ள நீர் வெளிக்காற்றல் அழுத்தப்பட்டு நேரான குழாயின் வழியாகக் கோளத்தினுள் செலுத்தப்படுகிறது.



படம் 83. ஹெரோனின் வெப்பமானி.

எனினும், இக்கருவி வளிமண்டல அழுத்தத்தின் மாறுதலுக்கு ஏற்பவும் செயல்படுகிறது. வெளியிலுள்ள வளிமண்டல அழுத்தம் குறையும் போது, உள்ளேயிருக்கும் அதிக அழுத்தமுள்ள காற்று விரிவடைந்து, நீரில் ஒரு பகுதியை வளைந்த குழாயின் வழியே புனலுக்குள்ளே செலுத்துகிறது. மாருக, வெளியிலுள்ள வளிமண்டல அழுத்தம் அதிகரிக்கும் போது, அடியிலிருக்கும் பெட்டியிலுள்ள நீரில் ஒரு பகுதி கோளத்தினுள் செலுத்தப்படுகிறது. வெப்பநிலையில் ஒவ்வொரு டிகிரி வித்தியாசமும் கோளத்தின் உட்புறமிருக்கும் காற்றின் பரிமாணத்தில் அதற்கொப்பான வித்தியாசத்தை

(760:273, அதாவது பாதரசத் தூணின் உயரத்தில் சுமார் 2.5 மில்லிமீட்டர் வித்தியாசத்தை) ஏற்படுத்தும். மாஸ் கோவில் அழுத்தமானியில் உண்டாகும் ஏற்ற இறக்கங்கள் 20 மில்லிமீட்டரும் அதற்குச் சற்று அதிகமாகவும் உள்ளன. இது ஹெறோனின் வெப்பமானியில் 8 சென்டிகிரேட் டிகிரி மாற்றத்திற்குச் சமமாகும்—அதாவது, வளிமண்டல அழுத்தத்தில் ஏற்படும் இக்குறைவு வெப்பநிலையில் 8 டிகிரி ஏற்றமாய்த் தவருய் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டு விடலாம்.

இவ்விதம் இந்தப் பண்டைக் காலத்திய வெப்பமானி அழுத்தமானியாகவும் பயன்படக் கூடியதாகும். முன்பு விற்கப்பட்டு வந்த நீரடைத்த அழுத்தமானிகள் வெப்பமானி களாகவும் பயன்படக் கூடியனவாய் இருந்தன. ஆனல் அவற்றை வாங்கியவர்களும் அவற்றை அமைத்தவர்களுங் கூட இவற்றை வெப்பமானிகளாவும் உபயோகிக்கலாமென அறிந்திருந்ததாய்த் தெரியவில்லை.

விளக்கிற்குக் கண்ணுடிக்கூடு இருப்பது எதற்காக?

விளக்கின் கண்ணுடிக்கூடு அதன் தற்போதைய வடிவத்தை அடைய எவ்வளவு நீண்ட நெடும் பாதையைக் கடக்க வேண்டியிருந்தது என்பது பலருக்கும் தெரியாது. ஆயிரக் கணக்கான ஆண்டுகளாய்க் கண்ணுடிக்கூடு எதுவும் இல்லாத சுவாலையையே ஒளி விளக்காய் உபயோகித்து வந்தனர். இம்முக்கிய அபிவிருத்தியை முதன் முதலில் செய்தவர் தலைசிறந்த இத்தாலிய ஓவியரும் பல்துறை மேதையுமான லியனர்டோ டா வின்சி (1452—1519) ஆவார். ஆனல் அவர் கண்ணுடிக்குப் பதிலாக உலோகத்தையே உபயோகித்தார். ஒளிபுகும் கண்ணுடியாலான கூடு வருவதற்கு மேலும் மூன்று நூற்றுண்டுகள் ஆயின. ஆக, விளக்குக் கண்ணுடிக்கூடு பல தலைமுறையினரது திறமையின் விளைவு ஆகும்.

இந்தக் கண்ணுடிக்கூட்டின் பயன் என்ன? சரியான பதில் உங்களில் பலருக்கும் தெரியுமா என்பது சந்தேகம்தான். காற்று வீசி சுவாலையை அணைத்துவிடாதபடிக் காப்பது இந்தக் கண்ணுடிக்கூடு செய்யும் பணிகளில் இரண்டாந்தர

முக்கியத்துவமுடையதே ஆகும். முக்கியமான பணி சுவாலை யின் ஒளியைப் பெருக்குவதும், எரிதலைத் துரிதப்படுத்து வதும்தான். அதாவது அது புகைபோக்கியைப் போல் செயல் படுகிறது; சுவாலைக்கு அதிகக் காற்றைக் கொண்டுவந்து, காற்றோட்டத்தை அதிகப்படுத்துகிறது.

இதை ஆராயலாம். வெளியே இருக்கும் காற்றைவிட கண்ணாடிக்கூட்டினுள் இருக்கும் காற்றுத் தூணை விரைவாகச் சுவாலை சூடாக்குகிறது வெப்பமடைந்து இலேசாகிவிடும் காற்று, விளக்குக் காயிலுள்ள துவாரங்களின் வழியாகக் கீழிருந்து வரும் காற்றினால்—ஆர்க்கிமிடீஸ் கோட்பாட்டிற் கேற்ப — மேலே தள்ளப்படுகிறது. இவ்வாறாக ஏற்படும் இடைவிடாத மேல்நோக்குக் காற்றோட்டம் எரிவால் உண் டாகும் பொருள்களை அப்புறப்படுத்தி, தொடர்ந்து புதிய காற்றைக் கொண்டுவருகிறது. எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு கண்ணாடிக்கூடு உயரமாயிருக்கிறதோ, அவ்வளவுக்கு அவ் வளவு வெப்பக் காற்றுக்கும் குளிர்ந்த காற்றுக்கும் எடையில் வித்தியாசம் அதிகமாயிருக்கும்; அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு விரைவாய்ப் புதிய காற்று உள்ளே புகுந்து எரிவைத் தீவிரப் படுத்துகிறது. நிற்க, தொழிற்சாலைப் புகைபோக்கிகள் உயர மாயிருப்பதற்கும் இதுவேதான் காரணம்.

லியனார்டோ டா வின்சி இவை குறித்து தெளிவான கருத்தை வெளியிட்டது குறிப்பிடத்தக்கதாகும். அவருடைய குறிப்பேடுகளில் பின்வரும் குறிப்பைக் காண்கிறோம்:

''தீ இருக்கும் இடத்தைச் சுற்றி காற்றோட்டம் உண் டாக்கப்படுகிறது; இக்காற்றோட்டம்தான் தீயிற்கு ஊட்ட மளித்து அதை அதிகப்படுத்துகிறது.''

சுவாலை தன்னை அணைத்துக் கொள்ளாமல் எரிவது எப்படி?

சுவாலை அணையாமலே எரிவது எப்படி? எரிவின் விளை வாய் கரியமிலவாயு, நீராவி என்னும் இரு எரியாப் பொருள் கள்தாம் உண்டாகின்றன. இவை இரண்டும் எரிவுக்கு ஊட்ட மளிப்பவை அல்ல. எனவே, சுவாலை எரியத் தொடங்கிய வுடனே அது எரியாப் பொருள்களினால் சூழப் பெற்று, காற்று வருவது தடுக்கப்படும். காற்றில்லாமல் எரிவு தொடர்ந்து

நடைபெற முடியாது, ஆகவே சுவாலை அணைந்துவிட வேண்டும், இல்லையா?

ஆனால் அணைவதில்லையே, ஏன்? எரிபொருள் முழுதும் எரிந்து தீர்ந்து போகும்வரை எரிவு ஏன் தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது? ஏனெனில் வாயுக்கள் சூடாக்கப்படும் போது விரிவடைந்து இலேசு ஆகின்றன. ஆகவே, எரிவால் உண்டாகும் வெப்பமான பொருள்கள் அவை உண்டாகிய இடத்திலேயே, அதாவது சுவாலைக்கு அண்மையில் தங்கியிருப்பதில்லை. உள்ளே வரும் தூய காற்றினால் உடனே மேல்நோக்கித் தள்ளப்படுகின்றன. ஆர்க்கிமிடீஸ் விதி வாயுக்களுக்குப் பொருந்தாதிருந்தால்—அல்லது எடை என்று ஒன்று இல்லாதிருந்தால்—எந்தவொரு சுவாலையும் சற்று நேரம் எரிந்த பின், தானாகவே அணைந்துவிடும்.

எரிவால் உண்டாகும் பொருள்கள் சுவாலையை அழிக்கக் கூடியவை என்பதைக் கண்டுகொள்வது எளிதேயாகும். இவற்றின் இந்த இயல்பை நாம் அறியாவிட்டாலும் சுவாலையை அணைக்க அடிக்கடி இவ்வியல்பைத்தான் பயன்படுத்திக் கொள்கிறோம். எண்ணெய் விளக்கை எப்படி அணைக்கிறீர்கள்? மேலேயிருந்து ஊதுகிறீர்கள், அதாவது எரிவால் உண்டாகிய எரியாப் பொருள்களை சுவாலையை நோக்கிக் கீழே ஊதித் தள்ளுகிறீர்கள். இதன் விளைவாய்ப் புதிய காற்று இல்லாமற்போய் சுவாலை அணைந்துவிடுகிறது.

ஜூல் வேர்ன் எழுதாத அத்தியாயம்

சந்திரனுக்குச் செல்லும் எறிகலம் ஒன்றில் பயணம் செய்த மூன்று வீரர்களின் தீரச் செயல்களைப் பற்றி ஜூல் வேர்ன் விரிவாக விவரித்திருக்கின்றார். ஆனால், மிகவும் அசாதாரணமான இந்நிலைமைகளில் மிஷேல் அர்டான் எவ்வாறு சமைத்தார் என்பதை அவர் சொல்ல மறந்துவிட்டார். ஒருகால் வானவெளியில் சமைப்பது கவனத்திற்குரியதல்ல என்று அவர் எண்ணினார் போலும். நாவலாசிரியருக்குத்தான் அதனால் நஷ்டம். வானவெளியில் விரையும் எறிகலத்தினுள்ளே எதுவுமே எடையற்றது ஆகிவிடுகிறது. (மிகவும் சுவாரசியமான இவ்விவரம் குறித்த விரிவான விளக்கங்களை நான் பொழுதுபோக்குப் பௌதிகம், முதல் புத்தகம், மற்றும்,

கிரகங்களுக்குப் பயணம், நட்சத்திரங்களுக்கு ராக்கெட்டில், ராக்கெட்டில் சந்திரனுக்கு ஆகிய புத்தகங்களில் அளித்திருக்கிறேன்.) ஜூல் வேர்ன் இதை விட்டுவிட்டது உண்மையிலேயே வருந்தத்தக்கதாகும்; ஏனெனில், எடையில்லாத சமையலறையில் சமைப்பது என்பது விஞ்ஞான நாவலாசிரியர் ஒருவருக்கு ஏராளமான வாய்ப்பு அளிக்கிறது என்பதை ஒப்புக் கொண்டே ஆக வேண்டும். சந்திரனுக்குப் பயணம் என்னும் நூலை எழுதிய இந்த அரும்பெரும் ஆசிரியர் எழுதத் தவறியதை ஈடு செய்வதற்கு என்னால் இயன்றவரை முயற்சி செய்கிறேன். ஜூல் வேர்னைப் பின்பற்றும் எனது எளிய முயற்சியை நீங்கள் படிக்கும்போது, எறிகலத்தில் ஈர்ப்பு இல்லை என்பதையும், எதற்குமே சிறிதளவுகூட எடை இல்லை என்பதையும் மறந்துவிடாதீர்கள்.

எடையில்லா நிலையில் காலை உணவு

''நண்பர்களே, இன்னமும் நாம் காலை உணவு சாப்பிடவில்லை'' என்று கூறினான் மிஷேல் அர்டான். ''நாம் எடையை இழந்துவிட்டாலும் பசியை இழந்துவிடவில்லை என்றே நினைக்கிறேன். ஆகவே நண்பர்களே, இப்போது உங்களுக்கு எடையில்லாத காலை உணவு சமைக்கப் போகிறேன். இது வரை யாரும் தயாரித்திராத அவ்வளவு இலேசான உண்டி வகைகளைத் தயாரிக்கப் போகிறேன்.''

மறுமொழிக்குக் காத்திராமல், அந்த பிரெஞ்சுக்காரர் சாப்பாட்டிற்கான ஏற்பாடுகளைத் துவக்கினார்.

''நமது தண்ணீர்ச் சீசா காலியாயிருப்பது போல் பாசாங்கு செய்கிறதே'' என்று அந்தப் பெரிய சீசாவின் மூடியைக் கழற்ற முயலுகையில் தனக்குத்தானே முணுமுணுத்துக் கொண்டார். ''என்னை ஏமாற்ற முடியாது. நீ ஏன் இவ்வாறு இலேசாக இருக்கிறாய் என்று தெரியும். இதோ மூடியையைக் கழற்றிவிட்டேன், உன்னுள் இருக்கும் எடையில்லா நீரை இந்தப் பாத்திரத்தில் ஊற்றிவிடு நீ!''

சீசாவை அப்படியும் இப்படியுமாய்ச் சாய்த்தார்; ஆனால் நீர் வெளியே வரவில்லை.

''என் அருமை அர்டான், சீசாவை எவ்வளவு சாய்த்தும் பயனில்லை'' என்றார் அவருக்கு உதவ வந்த நிக்கோல்,

- 5 MAR 1965

''ஈர்ப்பே இல்லாத நமது எறிகலத்தில் சீசாவைச் சாய்த்தால் தண்ணீர் வெளியே வந்துவிடாது! கெட்டியான பாகு உள்ளே இருப்பதாய் நினைத்துக் கொண்டு அதைக் குலுக்கி வெளியே வரச் செய்ய வேண்டும்.''

சாய்க்கப்பட்ட சீசாவின் அடியை அர்டான் உடனே தட்டினர். முட்டி அளவான நீர் உருண்டை ஒன்று சீசாவின்கழுத்திலிருந்து வெளியே பாய்ந்ததைக் கண்டு அவர் அடைந்த வியப்புக்கு எல்லேயே இல்லே.

''தண்ணீர் ஏன் இப்படி விளேயாடுகிறது?'' என்று வியந்து கொண்டார் அர்டான். ''இதை நான் எதிர்பார்க்கவே இல்லே! அன்பர்களே, ஏன் இப்படிச் செய்கிறது என்பதை எனக்குச் சொல்லுங்களேன்.''

''என் அருமை அர்டான், இது நீரின் ஒரு திவலேயேதான். ஈர்ப்பும் எடையும் இல்லாத உலகில் திரவத் திவலேகள் எந்தப் பருமனேயும் அடையும். ஈர்ப்பு இருப்பதனுல்தான் திரவங்கள் தாமிருக்கும் கலங்களின் உருவத்தை அடையவும், தாரையாக வெளியே விழவும் முடிகிறது. இங்கு எடையற்ற நிலே இருப்பதால், திரவம் தனது மூலக்கூறுகளுக்கு இடையிலான சக்திகளுக்கு மட்டுமே உள்ளாகிறது. எனவே, பிளாட்டோவின் பிரசித்தி வாய்ந்த பரிசோதனேயில் எண்ணெய் செய்ததைப் போன்றே, திரவம் கோள வடிவத்தை அடைகின்றது.''

''பிளாட்டோவையும் அவரது பரிசோதனேயையும் பற்றி எனக்குக் கவலே இல்லே! சூப்புக்காகச் சிறிது நீரை நான் கொதிக்க வைக்க வேண்டும். மூலக்கூறு சக்திகள் எவையும் என்னேந் தடுக்கப் போவதில்லே!'' என்று அந்த பிரெஞ்சுக்காரர் ஆத்திரமாய்க் கூறினர்.

சீசாவை வேகமாய்க் குலுக்கி, காற்றில் வட்டமிட்டுக் கொண்டிருந்த பாத்திரத்தினுள் நீரை ஊற்ற முயன்ருர். ஆனுல் ஒன்றும் சரிப்பட்டு வருவதாய் இல்லே. நீரின் பெருந் திவலேகள் பாத்திரத்தைத் தொட்டவுடன் அதைச் சுற்றி ஊர்ந்தன, வெளிப்புறமாக வழுக்கச் சென்றன. விரைவில் கனமானதொரு நீரடுக்கினுல் பாத்திரம் மூடப்பட்டுவிட்டது. இந்நிலேயில் நீரைக் கொதிக்க வைப்பது முடியாத காரியம்.

''திரவங்களின் திவலேகளுக்கிருக்கும் வலுவான பிணேவு விசையை எடுத்துக்காட்டுவதற்கு இது சிறந்த பரிசோதனே'' என்று நீக்கோல் ஆத்திரமடைந்துவிட்ட அந்த பிரெஞ்சுக்

காரரிடம் அமைதியாய்க் கூறினர். ''நீ பதற்றமடையக் கூடாது! திடப்பொருள்கள் நனைதல் என்னும் சாதாரண நிகழ்வே இங்கு நடைபெறுகிறது. ஆனால் இங்கு ஈர்ப்பு குறுக்கிடவில்லை, அவ்வளவுதான். எனவே, செயல் முறை முழுவதையும் நாம் காண முடிகிறது.''

''ஈர்ப்பு குறுக்கிடாமல் இருப்பதுதான் வருந்தத்தக்கது!'' என்று அர்டான் வெகுண்டு ஆட்சேபித்தார். ''அது நனைதலாகவோ, அல்லது வேறு எதுவாகவோ இருப்பினும், எனக்குப் பாத்திரத்தின் உள்ளே நீர் வேண்டுமேயன்றி, வெளியில் அல்ல. அதைப் பாரேன்! இந்த நிலைமைகளில் சூப் தயாரிப்பதற்கு எந்தச் சமையற்காரனும் இசைய மாட்டான்!''

''அது உனக்குக் குறுக்கே இருக்கிறது என்றால், அதை நீ எளிதில் நிறுத்திவிட முடியும்'' என்று அவரைச் சாந்தப் படுத்தும் குரலில் பார்பிக்கேன் சொன்னர். ''எண்ணெய்ப் பசையின் அல்லது கொழுப்பின் மெல்லிய படலத்தினல் மூடப் பெற்றுள்ளவற்றை நீர் நனைப்பதில்லை என்பது தெரியும். எனவே உனது பாத்திரத்தின் வெளிப் புறத்தின்மீது எண்ணெய்ப் பசையைப் பூசு; அப்போது பாத்திரத்தை விட்டு நீர் வெளியே செல்லாதபடிச் செய்ய முடியும்.''

''இதைத்தான் உண்மையான விஞ்ஞான அறிவு என்கிறேன்'' என்று அவர் ஆலோசனையை ஏற்றுக் கொண்டு பெரிதும் மகிழ்ச்சியடைந்த அர்டான் சொன்னர். பின்னர், பாத்திரத்தை அடுப்பில் வைத்து நீரைக் கொதிக்க வைப்பதற்காக வாயு அடுப்பை மூட்டினர். ஆனல் மறுபடியும் சிக்கல் உண்டாயிற்று. இப்போது கிறுக்குத்தனமாய் நடந்து கொண்டது வாயு அடுப்பு. அதன் தீச் சுவாலை அரை நிமிடம் சடசடத்து எரிந்துவிட்டு அணைந்து போயிற்று. அர்டான் திகைத்துப் போய்விட்டார். சுவாலை நீடித்து எரிவதற்காக அவர் செய்த முயற்சிகள் பயனற்றுப் போயின. அடுப்பு எரிய மறுத்துவிட்டது.

''பார்பிக்கேன்! நிக்கோல்! உங்களது பௌதிகவியல் விதிகளுக்கும் வாயு வழங்கீடு நிறுவனங்களின் சட்டதிட்டங் களுக்கும் ஏற்ப தீச் சுவாலையை எரியச் செய்வதற்கான வழி ஏதும் இல்லையா?'' என்று பிரெஞ்சுக்காரர் தமது நண்பர்களிடம் முறையிட்டார்.

''இதில் எதிர்பாராததோ, வழக்கத்திற்கு மாறுனதோ எதுவும் இல்லை'' என்று நிக்கோல் விளக்கினர். ''சுவாலை உண்மையில் பௌதிகவியல் விதிகளுக்கு ஏற்பவே எரிந்து கொண்டிருக்கிறது. வாயு வழங்கீடு நிறுவனங்களைப் பொறுத் தவரை ஈர்ப்பு மட்டும் இல்லை எனில், அவை போண்டியாகி விடும். எரிவின்போது கரியமிலவாயுவும் நீராவியும் உண் டாவது உனக்குத் தெரியும் இவை எரிய முடியாத வாயுக்கள். சாதாரணமாய் எரிவின் விளைவாய்த் தோன்றும் இவை சுவாலைக்கு அருகில் இருப்பதில்லை; சூடாகி அவை இலேசாய் இருப்பதால், வெளிப்புறக் காற்று அவற்றை அப்புறப்படுத்தி விட்டு அந்த இடத்தை நிரப்புகிறது. ஆனல் இங்கே ஈர்ப்பே இல்லாததனுல் கரியமிலவாயுவும் நீராவியும் அவை உண் டான இடத்திலேயே தங்கிவிடுகின்றன. சுவாலையைச் சூழ்ந்து கொண்டு, புதிய காற்று வருவதை அவை தடுக் கின்றன. ஆகையால்தான் தீச் சுவாலை மங்கலாயிருக்கிறது; விரைவில் அணைந்தும் விடுகிறது. நிற்க, தீ அணைப்பான்கள் இதே முறையில்தான், எரியாத வாயுவை வெளியே விட்டு சுவாலையைச் சூழ்ந்து கொள்ளச் செய்து தீயை அணைக் கின்றன.''

''அப்படியாஞல், பூமிக்கு ஈர்ப்பு இல்லாவிட்டால் தீ அணைக்கும் படைகளுக்கு வேலை இராது, தீ தாமாகவே அணைந்துவிடும் என்றல்லவா ஆகிறது? என்ன, சரிதாஞ?''

''முற்றிலும் சரி; நிற்க, சூப் தயாரிப்பதற்காக மறுபடி யும் அடுப்பை மூட்டு. சுவாலையின் மீது நாம் ஊதலாம். இவ்வாறு, செயற்கையான காற்ருேட்டத்தை உண்டாக்கி பூமியில் எரிவது போலவே இங்கும் சுவாலையை எரியச் செய்வோம்.''

அவ்வாறே செய்யப்பட்டது. அர்டான் மீண்டும் அடுப்பை மூட்டிஞர்; நிக்கோலும் பார்பிக்கேனும் மாறி மாறி ஊதிச் சுவாலையைத் தொடர்ந்து எரியும்படி செய்ததைச் சற்றுக் கடுப்புடன் பார்த்துக் கொண்டே, சமைக்கத் தொடங் கிஞர். இத்தொந்தரவு முழுவதற்கும் தன்னுடைய நண்பர் களும் அவர்களது விஞ்ஞானமுமே காரணமென அந்த பிரெஞ்சுக்காரர் மனத்திற்குள் எண்ணிக்கொண்டார்.

''ஆகா! புகைபோக்கிகளைப் போல் நீங்கள் செயல்படு கிறீர்கள், கற்றறிந்த என் நண்பர்களே! உங்களுக்காக வருந்து

கிறேன்; ஆனால் உங்களது காலை உணவு சூடாக இருக்க வேண்டும் என்றால், உங்களது பௌதிகவியல் விதிகளுக்கு நீங்கள் கீழ்ப்படிவதைத் தவிர வேறு வழியில்லை'' என்று அர்டான் குதூகலமாய்க் கூறினார்.

கால்மணி ஆயிற்று, பிறகு அரை மணி, ஒரு மணியும் கழிந்தது. ஆனால் பாத்திரத்திலுள்ள நீர் கொதிப்பதாய்த் தெரியவில்லை.

''அருமை அர்டான், நீ பொறுமையுடன் இருக்க வேண்டும். எடையுள்ள சாதாரண நீர் விரைவில் கொதிக்கிறது. ஏன்? அதன் வெவ்வேறு அடுக்குகள் கலப்பதனால். வெப்பமாகவும், ஆகவே இலேசாகவும் இருக்கும் அடிப்புற அடுக்குகள் குளிர்ச்சியான, கனமான மேலடுக்குகளினால் மேலே தள்ளப் படுகின்றன. அதன் விளைவாக, திரவம் முழுவதும் விரைவில் வெப்பமடைகிறது. மேற்புறத்திலிருந்து நீரைச் சூடாக்குவதற்கு எப்போதாவது முயன்றிருக்கிறாயா? மேலிருந்து சூடாக்கும்போது வெப்பமடைந்த அடுக்குகள் அசையாது நிலையாக இருப்பதால் வெவ்வேறு அடுக்குகள் ஒன்றோடொன்று கலப்பதில்லை. நீர் வெப்பத்தை நன்கு கடத்தவல்லதல்ல என்பது நமக்குத் தெரியும். உண்மையில், அதன் வெப்பங் கடத்துத்திறன்* புறக்கணித்துவிடத்தக்க அளவினதே ஆகும். அடியில் பனிக்கட்டித் துண்டுகளை வைத்து, மேற்பகுதியிலுள்ள நீரைக் கொதிக்கச் செய்ய முடியும். ஆனால், இங்கே எடையற்ற நிலைகளில் எந்தப் புறத்திலிருந்து நீரைச் சூடாக்கினாலும் வித்தியாசம் எதுவுமில்லை. பானையில் இருக்கும் நீரின் வெவ்வேறு அடுக்குகள் கலப்பதில்லை. நீர் மிகவும் மெல்லவே சூடாகும். விரைவாகச் சூடாக்க விரும்பினால், அதைக் கலக்கிக் கொண்டேயிருக்க வேண்டும்.''

நீரைக் கொதிநிலைக்கு வராமல் அதற்குச் சற்றுக் கீழேயே இருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்ளும்படி நிக்கோல் எச்சரித்தார். கொதிநிலையில் நீராவி அதிகமாய் உண்டாகும் என்றும் எடையில்லாத நிலைகளில் நீராவியின் ஒப்பு எடை நீரினுடையதைப் போன்றே இருக்குமாதலால், அதாவது இரண்டும்

---

* கடத்தல் முறையில் ஒரு பொருளில் நிகழும் வெப்ப மாற்றத்தின் வீதம் அப்பொருளின் வெப்பங் கடத்துத் திறன் எனப்படுகிறது.— மொழிபெயர்ப்பாளர்.

பூஜ்யமாயிருக்குமாதலால் அது நீருடன் கலந்து நுரையாகி விடும் என்றும் அவர் விளக்கினர்.

அர்டான் பட்டாணிப் பையை அவிழ்த்ததும் அலங்கோல மாகிவிட்டது. அவர் இலேசாக அதைக் குலுக்கினர். அவ்வளவுதான், பட்டாணிகள் சுவர்களின்மீது மோதி மோதிக் கிளம்பி, நாலா பக்கமும் சிதறின. நிக்கோல் மூச்சை உள்ளிழுக்கையில் அவற்றுள் ஒன்று தற்செயலாக அவர் மூக்கில் புகுந்து அவரை மூச்சு திணறச் செய்துவிட்டது. இத்தகைய அபாயத்தைத் தவிர்க்கும் பொருட்டு நமது நண்பர்கள், ''சந்திரனது வண்ணத்துப் பூச்சிகளைச்'' சேகரிப்பதற்காக அர்டான் கொணர்ந்திருந்த வண்ணத்துப் பூச்சி வலையினுல் அந்தப் பட்டாணிகளை அவசரமாய்ப் பிடிக்கத் தொடங்கினர்.

இந்நிலைமைகளில் சமைப்பது மிகவும் கடினமாகவே இருந்தது. தேர்ச்சி பெற்ற சமையற்காரன்கூடக் கையை விரித்திருப்பான் என்று அர்டான் கூறியது சரியே. இறைச்சித் துண்டை வதக்க முற்பட்ட போது அர்டான் படாத பாடுபட வேண்டியிருந்தது. முட்கரண்டியினுல் அதை இறுக்கிப் பிடித்து வைத்துக் கொள்ள வேண்டியிருந்தது. ஏனெனில் இறைச்சிக்கு அடியிலே இருந்த, மீள்விசையுடன் கூடிய எண்ணெய் ஆவிகள் இறைச்சித் துண்டை ''மேலே''—''மேல்'' அல்லது ''கீழ்'' என்பது இல்லாத ஓர் இடத்தில் அம்மாதிரியான சொல்லை உபயோகிக்கலாம் என்றுல்—குதித்தெழச் செய்தன.

எடையில்லாத அந்த உலகில் சாப்பிடுவதும் மிகவும் விநோதமாகவே இருந்தது. அவர்கள் வெவ்வேறு நிலைகளில் அந்தரத்தில் தொங்கிக் கொண்டிருந்தது சுவையான ஒரு காட்சி; ஒருவர் தலை மற்றவர் தலைமீது மோதியது. உட்கார்ந்திருப்பது அங்கு இயலாத காரியம். நாற்காலிகள், கட்டில்கள், பெஞ்சுகள் மற்றும் அவை போன்ற பிறவும் எடையில் லாத உலகத்தில் சிறிதுகூடப் பயன்படா. நிஜமான ''உணவு மேஜை'' ஒன்று இருந்துதான் ஆகவேண்டும் என்று அர்டான் வற்புறுத்தியிராவிடில் மேஜைக்கே அவசியம் இருந்திருக்காது.

சூப் தயாரிப்பது கடினமாயிருந்தது என்றுல், அதைச் சாப்பிடுவது அதைவிடக் கடினமாயிருந்தது. எடையில்லாத

அத்திரவத்தை அர்டானல் கீழே கொட்ட முடியவில்லை. சூப் எடையற்றது என்பதை மறந்து, பிடிவாதமாய் வெளியே வர மறுக்கும் அந்த சூப்பை வெளியேற்றுவதற்காக, தலைகீழாகக் கவிழ்க்கப்பட்ட பாத்திரத்தை ஆத்திரமாய்த் தட்டியபோது, காலை முழுவதும் செய்த வேலை முற்றிலும் விரியமாகிவிடும் போலாகிவிட்டது. கோள வடிவமுள்ள பெருந்திவலை ஒன்று வெளியே வந்தது — சூப்தான் அது! அவ்வளவு சிரமப்பட்டு அவர்கள் தயாரித்த சூப்பைப் பிடித்து அதைப் பாத்திரத்தினுள் மறுபடியும் கொண்டுவருவதற்கு அர்டான் ஒரு செப்படி வித்தைக்காரனின் சாமர்த்தியத் தைக் காட்ட வேண்டியிருந்தது.

கரண்டிகள் பயன்படவில்லை; கரண்டியின் முழு நீளத்துக் கும் நனைத்து, தொடர்ச்சியான படலமாய் சூப் அதிலிருந்து தொங்கியது. அது நனைப்பதைத் தடுக்கும் பொருட்டு மூன்று நண்பர்களும் கரண்டியின் மேல் வெண்ணெயைப் பூசினர்; ஆனால் அதுவும் உதவவில்லை. சூப் சிறு கோளம் போன்றதாகி விட்டது. எடையில்லாத இந்தக் கோளத்தை வாய்க்குள் போட்டுக் கொள்ள அவர்களால் முடியவில்லை.

இறுதியில், நிக்கோல் இதற்கு ஒரு வழி கண்டுபிடித்தார். மெழுகுத்தாளைக் கிழித்துக் குழாய்களாய்ச் சுருட்டினர். அவற்றின் மூலமாக மூவரும் சூப்பை உறிஞ்சி உட்கொண் டனர். நீர், மது மற்றும் பிற திரவங்கள் ஆகியவற்றைப் பருகவும் இதே முறையைக் கையாண்டனர். (இப்புத்தகத் தின் முந்திய பதிப்புகளைப் படித்த பலர், மேலே குறிப்பிட்ட முறையிலும்கூட எடையில்லாத நிலையில் ஒருவர் எப்படி குடிக்க முடியும் என்று வியப்புறுவதாக எனக்கு எழுதினர். எறிகலத்தினுள் இருக்கும் காற்று எடையில்லாதது, எனவே அது அழுத்தம் இல்லாதது. ஆகவே, இது திரவத்தை உறிஞ்சிக் குடிப்பதற்கு வகை செய்யாது என்று அவர்கள் எழுதினர். இக்கருத்து பத்திரிகைகளிலும் இடம் பெற்றது. ஆனால், இந்நிலைமைகளில் காற்றின் எடையற்ற நிலை, அழுத்தத்தைப் பாதிக்காது என்பது தெளிவு. மூடப்பட்டுள்ள பாத்திரத்தில் தான் காற்றுக்கு அழுத்தம் ஏற்படுகிறது; இதற்குக் காரணம், காற்றுக்கு எடை இருக்கின்றது என்பது அல்ல; மாறுக, அது வாயுப் பொருளாதலால் முடிவின்றி விரிய முயலுகிறது என்பதுதான். நமது கிரகத்திலுள்ள மூடப்படாத பரப்பு

களில், விரிதலுக்குத் தடையாக இருப்பது எடையே. வழக்க மான இப்பரஸ்பரத் தொடர்பு காரணமாகவே எனது விமர் சகர்கள் தவறு செய்தனர்.)

நெருப்பை நீர் ஏன் அணைக்கிறது?

எளிமையான கேள்வியே ஆயினும், பலரும் சரியான விடை தருவதில்லை. நெருப்பிற்கு நீர் உண்மையில் என்ன செய்கிறது என்பதைச் சுருக்கமாக நான் விளக்கப் புகுந்தால், நீங்கள் தவருக எண்ண மாட்டீர்கள் என்று நம்புகிறேன். முதலாவதாக, நீரானது எரியும் பொருளைத் தொட்டவுடன் அது நீராவியாக மாறுகிறது. அப்போது அது எரியும் பொரு ளிலிருந்து பெரும் பகுதி வெப்பத்தைக் கிரகித்துக் கொள் கிறது. கொதிக்கும் நீரை ஆவியாக மாற்றுவதற்கு, அதே அளவு குளிர்ந்த நீரைக் கொதிநிலைக்குக் கொண்டுவருவதற்கு வேண்டியிருக்கும் வெப்பத்தைப்போல் ஐந்துக்கும் அதிகமான மடங்கு வெப்பம் தேவைப்படுகிறது. இரண்டாவதாக, இவ்வாறு உண்டாகும் நீராவி அதை உண்டாக்கிய நீரை விட நூற்றுக்கணக்கான மடங்கு பரிமாணமுள்ள இடத்தை எடுத்துக் கொள்ளுகிறது. எரியும் பொருளை நீராவி சூழ்ந்து கொண்டு, புதிய காற்று வருவதைத் தடுக்கிறது. காற்று இல்லாமல் எரிவு தடைப்பட்டுவிடுகிறது.

நீரை ஒரு சிறந்த தீயணைக்கும் திரவமாக்குவதற்காக அத்துடன்கூட வெடிமருந்து சில சமயம் கலக்கப்படுகிறது. முரணாகத் தோன்றினும் இதில் தர்க்க நியாயம் இருக்கிறது. வெடிமருந்து விரைவில் எரிந்து, எரியமுடியாத வாயுவை ஏராளமாய் உண்டாக்குகிறது. எரியும் பொருளை இவ்வாயு சூழ்ந்து கொண்டு எரிவைத் தடுக்கிறது.

தீயினால் தீயை அணைத்தல்

காட்டுத் தீயையோ, பிரேரி எனப்படும் புல்வெளியின் தீயையோ அணைப்பதற்கான சிறந்த வழி (சில சமயம் ஒரே வழி), காட்டின் அல்லது புல்வெளியின் மறு கோடி யிலிருந்து தீ மூட்டுவதுதான். இது உங்களுக்குத் தெரிந்திருக் கும். இரண்டாவது தீ முதலாவதன் பக்கமாக நகர்ந்து,

எரியக் கூடிய பொருளை அழித்து, அதற்கு எரிபொருள் இல்லாதவாறு செய்துவிடுகிறது. அவை சந்தித்தவுடன் இரண்டு தீச் சுவர்களும் ஒன்றையொன்று விழுங்குவதே போல் அணைந்து போகின்றன.

இதைப் பற்றி, பெனிமோர் கூப்பர் என்பவரின் பிரேரிப் புல்வெளி என்னும் நூலில் கூறப்படுகிறது. புல்வெளித்

படம் 84. தீயினல் தீயை அணைத்தல்.

தீயால் பயணிகள் சுட்டெரிக்கப்படாமல் வேட்டைக்காரக் கிழவன் அவர்களைக் காப்பாற்றும் பரப்பான சம்பவம் அதில் சித்திரிக்கப் படுகிறது. இதோ அந்தப் பகுதி.

"...கிழவன்... திடீரெனத் தீர்மானம் செய்து கொண்டான்....

" 'செயல்பட வேண்டிய நேரம் வந்துவிட்டது' என்றான் அவன்....

" 'கிழவா, காலம் கடந்துவிட்டது, நாம் இருக்கும் இடத்திலிருந்து கால் மைலுக்கு அருகே தீ எரிந்து கொண்டிருக்கிறது. காற்று பயங்கர வேகத்தில் தீயைப் பரவச் செய்கிறது' என்று கத்தினன் மிடில்டன்.

" 'இருக்கட்டும், தீயைப் பற்றி எனக்குக் கவலை இல்லை. வாருங்கள், இளைஞர்களே, வாருங்கள்.... நான்

நின்று கொண்டிருக்கும் இடத்திலுள்ள காய்ந்துபோன குறும்புல்லைப் பிடுங்கி எறிந்து, தரை வெளியே தெரியும் படி செய்யுங்கள்.'

...சுமார் இருபது அடி விட்டமுள்ள பரப்பிலிருந்து புல்லை நீக்கி, தரையை வெளியே தெரியும்படி செய்யச் சில விநாடிகளே பிடித்தன. கிழவன் இச்சிறிய பரப்பில் ஒரு விளிம்பில் பெண்களைக் கொண்டு வந்து நிறுத்தினான். அவர்களது இலேசான, எளிதில் தீப்பிடித்துக் கொள்ளக் கூடிய உடைகளைப் போர்வைகளினால் போர்த்தும்படி மிடில்டனிடமும் போலிடமும் கிழவன் கூறினான். இது செய்யப்பட்டதும் கிழவன் அவர்களைச் சுற்றிலும் ஆபத்தான ஒரு வட்டத்தில் உயரமாய்ச் சூழ்ந்து நின்ற புல்லின் எதிர் விளிம்பை நெருங்கி, கை நிறைய உலர்ந்த புல்லை எடுத்து, தனது துப்பாக்கியில் வெடிமருந்துள்ள இடத்தில் வைத்தான். பொசபொசப்பான இந்தப் புல்லில் துப்பாக்கியின் தீச்சுடர் பட்டதும் அது தீப்பிடித்துக் கொண்டது. இச்சிறிய தீயை அங்கு நின்ற புதரின் அடியில் வைத்துவிட்டு, வட்டப் பகுதியின் மையத்திற்கு வந்து, என்ன நேருகிறது என்பதைக் காண அவன் பொறுமையுடன் காத்திருந்தான்.

''அந்தத் தீ ஆவேசமாய்ப் புதரில் பற்றியது. கணப் பொழுதில் சுவாலைகள் கொழுந்துவிட்டுக் கிளர்ந்தெழுந்தன....

'' 'தீ தீயை அணைப்பதை இப்போது நீங்கள் காண்பீர்கள்' என்று தன் விரலை உயர்த்திச் சிரித்தவாறு கிழவன் கூறினான்.

'' 'ஆனால், இது உயிருக்கே ஆபத்தானதில்லையா?' என்று மிடில்டன் வியப்புடன் கேட்டான். 'எதிரியைத் தூர விரட்டுவதற்குப் பதில் அதை நமக்கு அருகே அல்லவா கொண்டுவருகிறாய்?'

... தீ வலுவும் வெப்பமும் பெற்று மூன்று பக்கங்களில் பரவிற்று; நான்காவது பக்கத்தில் எரிபொருள் இல்லாமற் போனதனால் தானாகவே அது அணைந்து கொண்டிருந்தது. அது வளர்ந்து, சுடுகடுப்பான இரைச்சலின் வாயிலாகத் தனது ஆற்றலை அறிவித்துக் கொண்டு, தன் முன்னால் இருந்த அனைத்தையும் எரித்து, கறுத்துப் புகைந்து கொண்டிருந்த தரையைப் புல் அரிவாளினால் கூடச் செய்ய முடியாத அளவுக்கு அம்மணமாக்கிச் சென்றது. அகதிகளை நெருப்பு சூழ்ந்து கொண்டுவிட்டது. அவர்கள் இருந்த நிலப்பரப்பு அதிகமாகாதிருந்தால் அவர்களது நிலைமை மேலும் ஆபத்தானதாகியிருக்கும். ஆனால், கிழவன் புல்லுக்குத் தீ மூட்டிய இடத்திற்கு அவர்

கள் நகர்ந்து தங்களை அனலிலிருந்து காப்பாற்றிக் கொண்டார்கள். ஒரு சில கணங்களிலேயே சுவாலைகள் ஒவ்வொரு திசையிலும் பின்வாங்கத் தொடங்கின. அவர்களைச் சுற்றிலும் புகைப் படலம் சூழ்ந்திருந்தாலும், இன்னமும் தீவிரமாய் எரிந்து கொண்டு தொலைவில் சென்று கொண்டிருந்த நெருப்பிலிருந்து அவர்கள் காப்பற்றப் பட்டுவிட்டனர்.

''முட்டையை அதன் ஒரு முனையின் மீது கொலம்பஸ் நிறுத்தி வைத்தபோது பெர்டினண்டின் அரசவையினர் அதை எப்படி வியந்து பார்த்தாகச் சொல்லப்படுகிறதோ, அதே வகை வியப்புடன் கிழவனுடைய சமயோசிதமான அந்த எளிய உபாயத்தினை உற்று நோக்கினர்....''

நிற்க, காட்டுத் தீ, புல்வெளித் தீ ஆகியவற்றை அணைப்பதற்கான இம்முறை, மேலெழுந்தவாரியாய்ப் பார்க்கையில் தோன்றுவதுபோல் அவ்வளவு எளியதன்று. தேர்ச்சியடைந்த ஒருவரால்தான் அதைக் கையாள முடியும். அநுபவமில்லாதவர் எவரும் நிலைமையை மேலும் மோசமாக்கிவிடுவார்.

கிழவன் மூட்டிய தீ மற்றதை நோக்கி ஏன் சென்றது, ஏன் எதிர்த் திசையில் செல்லவில்லை என்பதை நீங்கள் சிந்தித்தால், நான் கூற வந்ததைப் புரிந்து கொள்வீர்கள். காற்று அந்தப் பயணிகளின் முகத்தை நோக்கியே வீசிக் கொண்டும், நெருப்புச் சுவாலைகளை அவர்கள் பக்கமாகவே விரட்டிக் கொண்டும்தான் இருந்தது. அந்நிலையில், கிழவன் மூட்டிய தீ எதிர்த் திசையில் அல்லவா சென்றிருக்க வேண்டும்? அப்போது நெருப்புச் சுவாலைகளினுல் சூழப்பட்டு அவர்கள் நிச்சயம் அழிந்து போயிருப்பார்களே.

ஆகவே, கிழவனுடைய செயலின் இரகசியம் என்ன? பௌதிகவியலின் ஒரு எளிய விதி அவனுக்குத் தெரியும் என்பதுதான் அது. காற்று, எரியும் புல்வெளியின் திசையிலிருந்து பயணிகளை நோக்கி வீசிக் கொண்டிருந்த போதிலும், அவர்களுக்கு முன், சுவாலைகளினருகே எதிர்த் திசையில் ஒரு காற்றேட்டம் தீயை நோக்கி வீசிக் கொண்டிருந்தது. உண்மையில், தீயினுல் வெப்பமடைந்த காற்று இலேசாகி, புல்வெளியினின்றும் உட்பக்கமாக வீசிய குளிர்ந்த காற்றினுல் மேலே தள்ளப்பட்டது. தீயின் விளிம்புகளினருகே காற்று அதை நோக்கி வீசுவதற்கான காரணம் இதுவே.

இக்காற்றோட்டத்தை நாம் உணரக் கூடிய அளவிற்கு முதலாவது தீ நெருங்கி வரும் போதுதான் அதை அணைப்பதற்கான நமது தீயை மூட்ட வேண்டும். எனவேதான், கிழவன் தக்க நேரத்தை அமைதியாக எதிர்பார்த்துக் கொண்டு அவசரப்படாமலிருந்தான். எதிர்க் காற்றோட்டம் தொடங்குவதற்கு முன்னதாகவே அவன் புல்லுக்குத் தீ வைத்திருந்தால், அவன் மூட்டிய தீ எதிர்த் திசையில் பரவி, பயணிகளை ஆபத்தில் சிக்க வைத்திருக்கும் . அதிக அளவுக்குத் தாமதித்திருந்தாலும் உயிருக்கு ஆபத்தே; ஏனெனில், தீ மிகவும் அருகில் பரவி வந்திருக்கும்.

கொதிநீரில் நீரைக் கொதிக்கவைக்க முடியுமா?

சிறிய சீசா ஒன்றை எடுத்து, அதில் நீரை நிரப்பி, தீயின் மேல் வைக்கப்பட்டிருக்கும் நீர் நிறைந்த பாத்திரம் ஒன்றினுள் அதன் அடியைத் தொடாமலிருக்கும்படி வைக்கவும். இந்தக் கடைசி நிபந்தனையை நிறைவேற்றுவதற்கு சீசாவை நீங்கள் ஒரு கம்பி வளையத்தில் தொங்கவிட வேண்டியிருக்கும். பாத்திரத்திலுள்ள நீர் கொதிக்கும் போது, சீசாவிலுள்ள நீரும் கொதிக்க வேண்டும் என்று நீங்கள் நினைக்கக் கூடும். ஆயினும், எவ்வளவு நேரம் காத்திருந்தாலும் அது நிகழ்வதில்லை. சீசாவில் இருக்கும் நீர் மிகவும் சூடாக இருக்கும்; ஆனால் அது கொதிக்காது. கொதிக்கும் நீர், நீரைக் கொதிக்க வைப்பதற்குப் போதிய அளவு சூடாய் இல்லை என்று அறிகிறோம்!

ஆச்சரியமாக இருக்கிறது, இல்லையா? எனினும், இது எதிர்பார்க்கக் கூடியதே. நீரைக் கொதிநிலைக்குக் கொண்டு வருவதற்கு, அதை 100 சென்டிகிரேட் டிகிரிக்குச் சூடாக்கினால் மட்டும் போதாது. நீரை அதன் அடுத்த நிலையான நீராவியாக மாற்றுவதற்கு இன்னும் அதிக வெப்பம் தேவைப்படுகிறது.

தூய நீர் 100 சென்டிகிரேட் டிகிரி வெப்பநிலையில் கொதிக்கிறது. சாதாரண நிலைகளில், அதை நாம் எவ்வளவு சூடாக்கினாலும் இவ்வெப்பநிலைக்கு மேல் அது சூடாவதில்லை. அதாவது, சீசாவில் இருக்கும் நீரைச் சூடாக்குவதற்கு நாம் உபயோகிக்கும் வெப்ப ஆதாரத்தின் வெப்பநிலை 100

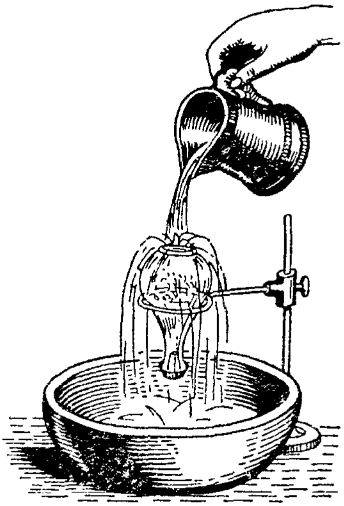
சென்டிகிரேட் டிகிரியேயன்றி அதற்கு அதிகமில்லை. எனவே, சீசாவிலுள்ள நீரை அது 100 சென்டிகிரேட் டிகிரிக்குச் சூடாக்க முடியுமே தவிர அதற்கு மேல் வெப்பம் தர முடியாது என்றுகிறது. வெப்பநிலைகள் சமமாகியவுடன், பாத்திரத்திலுள்ள நீர் சீசாவிலிருக்கும் நீருக்கு மேலும் அதிகமான வெப்பத்தை இனியும் கொடுக்க முடியாது.

சுருக்கமாகக் கூறின்ல், சீசாவிலிருக்கும் நீரை இம்முறையில் சூடாக்குவதனுல், அதை நீராவியாக மாற்றுவதற்குத் தேவைப்படும் அதிகப்படியான வெப்பத்தை நம்மால் அதற்குக் கொடுக்க முடியாது. (100 சென்டிகிரேட் டிகிரிக்குச் சூடாக்கப்பட்ட ஒவ்வொரு கிராம் நீருக்கும், அது நீராவியாக மாறுவதற்கு 500க்குச் சிறிது மேற்பட்ட காலரிகள் அளவுள்ள வெப்பம் மேலும் தேவைப்படுகின்றது.) ஆகவே தான், சீசாவிலிருக்கும் நீர் சூடாயிருந்தாலும்கூடக் கொதிப்பதில்லை.

சீசாவிலிருக்கும் நீருக்கும் பாத்திரத்திலுள்ள நீருக்கும் என்ன வித்தியாசம் இருக்கிறது என்பதை நீங்கள் அறிய விரும்பலாம். சீசாவிலிருக்கும் நீர் பாத்திரத்திலுள்ள நீரிலிருந்து ஒரு கண்ணுடிச் சுவரினுல் பிரிக்கப்பட்டிருக்கிறது என்னும் ஒரே வித்தியாசத்தைத் தவிர இரு கலங்களிலுமுள்ள நீர் ஒன்றுதானே. அப்படியிருக்க பாத்திரத்திலுள்ள நீரைப் போலவே சீசாவிலிருக்கும் நீரும் என் கொதித்து நீராவியாவதில்லை? ஏனெனில் பாத்திரத்திலுள்ள நீரைக் கலக்கும்படி செய்யும் நீரோட்டங்களில் பங்கு கொள்வதிலிருந்து, சீசாவிலிருக்கும் நீரை இக்கண்ணுடிச் சுவர் தடுக்கிறது. பாத்திரத்திலுள்ள நீரின் ஒவ்வொரு துளியும் பாத்திரத்தின் அடியுடன் நேரடியாகத் தொடர்பு கொள்ளும்; ஆனுல், சீசாவிலிருக்கும் நீர் பாத்திரத்திலுள்ள கொதிக்கும் நீரோடு மட்டுமே தொடர்பு கொள்ளும்.

ஆக, நாம் கவனித்தபடி, வெறும் கொதிநீரிலேயே நீரைக் கொதிக்க வைப்பது இயலாதது. ஆனுல் பாத்திரத்திலுள்ள நீரில் சிறிது உப்பைச் சேர்த்தவுடன் நிலைமை மாறுகிறது. உப்பு நீர் கொதிப்பது 100 சென்டிகிரேட் டிகிரியில் அல்ல, சற்று அதிகமான வெப்பநிலையில். எனவே சீசாவிலிருக்கும் நீரை அதனுல் கொதி நிலைக்குக் கொண்டுவர முடியும்.

''கொதிக்கும் நீரினாலேயே நீரைக் கொதிக்க வைக்க முடியாது என்னும்போது வெண்பனியினால் முடியுமா என்று கேட்கிறீர்களே'' என நீங்கள் நினைக்கலாம். எனினும், அவசரப்பட்டு முடிவு செய்துவிடாதீர்கள். முந்திய பரிசோதனையில் பயன்படுத்திய அதே சீசாவை உபயோகித்து முதலில் பின்வரும் பரிசோதனையைச் செய்யுங்கள். அதில் பாதி அளவுக்கு நீரை வைத்துக் கொதிக்கும் உப்பு நீரில் அதை அமிழ்த்தவும். சீசாவிலிருக்கும் நீர் கொதிக்கத் தொடங்கியவுடன், சீசாவை வெளியில் எடுத்து, அதன் வாயைக் கெட்டியாகத் தக்கையினால் மூடவும். அதைத் தலைகீழாகக் கவிழ்த்து, கொதிப்பது நிற்கும்வரை காத்திருக்கவும். பிறகு, அதன்மீது சிறிது கொதிநீரை ஊற்றுங்கள்; உள்ளேயிருக்கும் நீர் கொதிப்பதில்லை. ஆனால் சீசாவின் அடியின்மீது சிறிதளவு வெண்பனியை வைத்தவுடன், அல்லது—படம் 85இல் காட்டப்பட்டுள்ளபடி —சிறிது குளிர்ந்த நீரை அதன் மீது ஊற்றியவுடன், சீசாவிலிருக்கும் நீர் உடனே கொதிக்கத் தொடங்குகிறது. கொதிக்கும் நீர் செய்ய முடியாததை வெண்பனி செய்துவிட்டது!



படம் 85. ஜாடியின்மேல் குளிர் நீரை ஊற்றியதும் உள்ளே இருக்கும் நீர் தளபுளவெனக் கொதிக்கிறது.

ஜாடியை விரலால் தொட்டால் அது அதிக சூடாய் இல்லை. இந்த நிலையில் உள்ளே இருக்கும் நீர் தளபுளவெனக் கொதிப்பது மேலும் மர்மமானதாகத் தோன்றுகிறது. உள்ளே நீர் கொதிப்பதற்குக் காரணம், சீசாவின் சுவர்களைப் வெண்பனி குளிரச் செய்கிறது என்பதுதான். சீசாவிலுள்ள நீராவியானது குளிர்ந்து நீர்த் துளிகளாக மாறுகிறது. ஆனால்

நீர் கொதித்தபோது, சீசாவிலிருந்து காற்று வெளியே விரட்டப்பட்டுவிட்டதனுல், அதனுள் நீர் இப்போது மிகவும் குறைவான அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. குறைவான அழுத்தத்தில் திரவங்கள் குறைந்த வெப்பநிலையில் கொதிக்கின்றன என்பது நீங்கள் அறிந்ததே. எனவே சீசாவில் இருப்பது கொதிக்கும் நீரேயானுலும், அது சூடாயில்லாத கொதிக்கும் நீர் ஆகும்.

சீசாவின் சுவர் மிகவும் மெல்லியதாய் இருந்தால், உட்புறம் நீராவி திடீரெனத் திரவநிலைக்கு வருவது காரணமாக, சீசா வெடித்தாலும் வெடிக்கலாம். உட்புறமிருந்து போதுமான எதிர்ப்புத்திறன் இல்லாததனுல், வெளியிலுள்ள காற்று செலுத்தும் அழுத்தம் சீசாவை உடைத்துவிடக் கூடும். (''வெடிப்பு'' என்னும் சொல் இங்கு அவ்வளவு பொருத்தமாயில்லை என்றே சொல்ல வேண்டும்.) எனவே, வெளியிலுள்ள காற்ருனது வளைவுப் பகுதிகளின் மீது அழுத்தும்படியாக, கோள வடிவமுள்ள சீசாவை—எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு வாலையைப்—பயன்படுத்துவது சிறந்தது.

தகர டப்பி ஒன்றைக் கொண்டு இப்பரிசோதனையைச் செய்வது மிகவும் சிறந்ததாகும். அதில் சிறிதளவு நீரைக் கொதிக்க வைத்தப்பின், அதன் மூடியைக் கெட்டியாக்த் திருகி,

படம் 86. திடுமெனக் குளர்விக்கப்படும் தகர டப்பி.

படம் 87. மார்க் டுவைனின் ''ஆராய்ச்சிகள்.''

அதன்மீது குளிர்ந்த நீரை ஊற்றுங்கள். நீராவியுடன் கூடிய டப்பி குளிர்ச்சியடையும் போது, நீராவி நீராக மாறுவதால் வெளிக் காற்றின் அழுத்தத்தினுல் அது நசுக்கப் படும். டப்பி கனமானதொரு சுத்தியலினுல் அடியுண்டது போலத் தோற்றமளிக்கும் (படம் 86).

"காற்றழுத்தமானி சூப்"

அமெரிக்க நகைச்சுவை எழுத்தாளர் மார்க் டுவைன் நாடுசுற்றி என்னும் நூலில் ஆல்ப்ஸ் மலைகளில் ஏறுகையில் நிகழ்ந்த பின்வரும் நிகழ்ச்சியை—கற்பனையானதுதான்—விவரிக்கின்முர்.

> "எங்கள் இடர்களுக்கு ஒரு முடிவு ஏற்பட்டதும், ஆட்களை முகாமில் தங்கச் செய்துவிட்டு, ஆய்வுப் பயணத்தின் விஞ்ஞான வேலையைத் துவக்குவதெனத் தீர்மானித்தேன். முதலாவதாக, நாங்கள் தங்கியிருந்த உயரத்தைத் தெரிந்து கொள்ளும் பொருட்டு, அழுத்தமானியைக் கவனித்தேன்; ஆனுல் ஒன்றும் தெரியவில்லை. எனது விஞ்ஞானப் படிப்பிலிருந்து, அழுத்தமானிகளையோ வெப்பமானிகளையோ கொதிக்க வைக்க வேண்டும் அப்பொழுதுதான் அவற்றிலிருந்து சரியான அளவைத் தெரிந்து கொள்ள முடியும் என்பதை அறிந்திருந்தேன். கொதிக்க வைக்க வேண்டியது எதுவென்று தெரியவில்லை ஆதலால், இரண்டையுமே கொதிக்க வைத்தேன். அப்போதும் ஒரு பலனுமில்லை. இக்கருவிகளைச் சோதித்துப் பார்த்தேன்; அவற்றில் அடிப்படையான குறைபாடுகள் இருப்பதைக் கண்டுபிடித்தேன்: அழுத்தமானிக்கு, பித்தளையினுலான ஒரு குறிமுள்ளைத் தவிர வேறு ஏதுமில்லை; வெப்பமானியின் குமிழில் ஈயத்தாள் இருந்தது....
>
> "நான் வேருெரு அழுத்தமானியைத் தேடி எடுத்தேன்; அது புதியதாகவும் சரியானதாகவும் இருந்தது. சமையல் ஆட்கள் தயாரித்துக் கொண்டிருந்த அவரைச் சூப் இருந்த பானையில் அதை அரை மணிநேரம் கொதிக்க வைத்தேன். விளைவு எதிர்பாராததாயிருந்தது: கருவி சிறிது கூடப் பாதிக்கப் படவில்லை; ஆனுல், சூப்பிற்கு அழுத்தமானி ருசி ஏற்பட்டுவிட்டது. எனவே மிகவும் நேர்மையாளராகிய தலைமைச் சமையலாள் உணவுப் பட்டியலில் சூப்பின் பெயரையும் மாற்றிவிட்டார். இந்த சூப்பை எல்லோரும் விரும்பிச் சாப்பிட்டதால் தினந்தோறும் 'அழுத்தமானி சூப்' தயாரிக்கும் படி

உத்தரவிட்டேன். அமுத்தமானி வீணுகிவிடும் என்ருர்கள். ஆனுல் அதைப் பற்றி நான் சிறிதும் கவலைப்படவில்லை. அமுத்தமானியினுல் மலையின் உயரத்தைக் காண்பிக்க முடியவில்லை என்பது எனக்குத் தெளிவாகிவிட்டதால், அதனுல் எந்த உபயோகமும் இல்லை.''

கேலி ஒருபுறமிருக்க, உண்மையில் எதைக் ''கொதிக்க'' வைக்க வேண்டும்—அமுத்தமானியையா, வெப்பமானியையா—என்னும் கேள்விக்கு விடை காண முயலுவோம். விடை: வெப்பமானியை. இதற்கான விளக்கம் வருமாறு.

நீரின் மேல் செலுத்தப்படும் அமுத்தம் குறைவாயிருந்தால் நீரின் கொதிநிலையும் குறைவாயிருக்கும் என்பதை சோதனையிலிருந்து நாம் அறிந்து கொண்டிருக்கிருேம். உயரே செல்லச் செல்ல, வளிமண்டல அமுத்தம் குறைவதனுல், அங்கே நீரின் கொதிநிலையும் குறைவானதாயிருக்க வேண்டும். வெவ்வேறு வளிமண்டல அமுத்தங்களில் தூய நீரின் கொதிநிலைகளைக் காட்டும் அட்டவணை இதோ இருக்கிறது.

நீரின் கொதிநிலை (சென்டிகிரேடில்)	வளிமண்டல அமுத்தம் (மில்லிமீட்டரில்)
101	787.7
100	760
98	707
96	657.5
94	611
92	567
90	525.5
88	487
86	450

சராசரி வளிமண்டல அமுத்தம் 713 மி. மீ. ஆக இருக்கும் ஸ்விட்ஸர்லாந்திலுள்ள பேர்ன் என்னும் நகரத்தில் திறந்த பாத்திரத்தில் நீர் 97.5 சென்டிகிரேட் டிகிரியில் கொதிக்கிறது; 424 மி. மீ. அமுத்தமுள்ள மோன்பிளான் உச்சியில் நீரின் கொதிநிலை 84.5 சென்டிகிரேட் டிகிரி. ஒவ்வொரு கிலோமீட்டர் உயரத்திற்கும் நீரின் கொதிநிலை 3 சென்டிகிரேட் டிகிரி குறைகிறது. எனவே, நீரின் கொதி

நிலையைக் கணக்கிட்டால், அல்லது — மார்க் டுவைன் கூறுவதுபோல — ''வெப்பமானியைக் கொதிக்க வைத்தால்'', உரிய அட்டவணையைப் பார்த்து, உயரத்தைக் கண்டுகொள்ள முடியும். அதைச் செய்வதற்கு வேண்டிய அட்டவணையை மார்க் டுவைன் அறவே மறந்துவிட்டார்.

இதற்கான கருவிகளை — இவை உயரமானிகள்* எனப்படுகின்றன — உலோகத்தினலான அழுத்தமானிகளைப் போலவே எளிதில் எடுத்துச் செல்ல முடியும்; ஆனால் இவை மிகவும் கரடுரான அளவீடுகளைத் தருகின்றன.

வளிமண்டல அழுத்தத்தைப் பதிவு செய்வதற்காக அழுத்தமானியைக் ''கொதிக்க'' வைக்க வேண்டியதில்லை. அதுவே நாம் எவ்வளவு உயரத்தில் இருக்கிறோம் என்பதைக் காட்டும். நாம் உயரே செல்லச் செல்ல அழுத்தம் குறைவதால், குறையும் அழுத்தத்திலிருந்து நாம் ஏறிய உயரத்தைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். ஆனால் இதற்கு கடல் மட்டத்திலிருந்து நாம் உயரே செல்லச் செல்ல, வளிமண்டல அழுத்தம் எவ்வாறு குறைகிறது என்பதைக் காட்டும் அட்டவணை ஒன்று நமக்கு வேண்டியிருக்கும்; அல்லது குறைந்த பட்சம், பொருத்தமான சூத்திரமாவது நமக்குத் தெரிந்திருக்க வேண்டும். நமது நகைச்சுவை எழுத்தாளர் யாவற்றையும் குழப்படி செய்து ''அழுத்தமானி சூப்பைச் சமைக்க'' முடிவு செய்தார்.

கொதிக்கும் நீர் எப்போதும் சூடாக இருக்குமா?

ஜூல் வேர்னின் ஹெக்டர் செர்வடாக் என்னும் நூலில் வரும் துணிச்சல் மிகுந்த பென்-ஸூப் என்னும் பணியாளை உங்களுக்கு நினைவிருக்கலாம். கொதிக்கும் நீர், அது எங்கு கொதிக்க வைக்கப்பட்டாலும், ஒரே அளவிற்குச் சூடாக

* ஒரு திரவத்தின் கொதிநிலையைக் கண்டுபிடிப்பதற்கான கருவி. திரவங்களின் கொதிநிலையானது, அழுத்தத்தைச் சார்ந்திருப்பதாலும், வளிமண்டல அழுத்தம் உயரத்திற்கேற்ப மாறுவதாலும், உயரத்தைக் கண்டு பிடிக்க இது பயன்படுகிறது.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

இருக்கும் என்று உறுதியாக அவன் நம்பினான். செர்வடாக்குடன்கூட ஒரு வால்நட்சத்திரத்தில் இருந்திராவிட்டால், அவன் தனது வாழ் நாள் முழுவதும் அவ்வாறே எண்ணிக் கொண்டிருந்திருப்பான். நிலையான போக்கில்லாத விசித்திர விண்கோளாகிய இந்த வால்நட்சத்திரம் பூமியின்மீது மோதி, நமது இரு கதாநாயகர்களுடன்கூடப் பூமியின் ஒரு பகுதியைப் பிய்த்து, தனது நீள்வட்டப் பாதையில் எடுத்துச் சென்றது. எல்லா இடங்களிலும் கொதிக்கும் நீர் ஒரே வெப்பத்துடன் இருப்பதில்லை என்பதைப் பணியாள் முதன் முதலாய் இப்பொழுது கண்டுகொள்கிறான். காலை உணவைத் தயாரிக்கும் போது இந்த உண்மையை எதிர்பாராத வகையில் அவன் கண்டுபிடித்தான்.

''பென்-ஸூப் பானையில் நீரை நிரப்பி, அதைக் கொதிக்க வைத்தான். அவன் கைகளில் முட்டைகள் இருந்தன; அவை காலி ஓடுகள் போல அவ்வளவு இலேசாய் இருந்தன.

''இரண்டு நிமிடங்களுக்குள் நீர் கொதிக்க ஆரம்பித்தவுடன், பென்-ஸூப் வியப்புடன் கூறினான்:

'' 'நெருப்பு எவ்வளவு கடுஞ்சூடாய் இருக்க வேண்டும்!'

'' 'நெருப்பு அதிகச் சூடாய் இருக்கவில்லை, நீர்தான் சீக்கிரமாய்க் கொதிக்கிறது' என்று சற்றுச் சிந்தித்தபின் செர்வடாக் கூறினான்.

''பிறகு, சுவரிலிருந்து சென்டிகிரேட் வெப்பமானியை எடுத்து, அதைக் கொதிக்கும் நீரில் முக்கினான். அது சரியாக அறுபத்து ஆறுதான் காட்டிற்று.

'' 'கடவுள்தான் நம்மைக் காப்பாற்ற வேண்டும்! நூறு டிகிரிக்குப் பதிலாக அறுபத்து ஆறு டிகிரியில் அல்லவா நீர் கொதிக்கிறது!' என்றான் காப்டன்.

'' 'அப்படியானால் என்ன செய்யலாம்?'

'' ' எனவே, பென்-ஸூப், முட்டைகளைக் கால் மணி நேரமாவது நீ கொதிக்க வைக்க வேண்டும் என்று சொல்கிறேன்.'

'' 'அப்போது அவை முழுதும் வெந்து கெட்டியாகி விடுமே!'

'' 'இல்லை, நண்பா! அப்போதுதான் அவை அரைவாசி வெந்திருக்கும்.' ''

''இதற்கெல்லாம் காரணம், வளிமண்டலத்தின் உயரம் குறைந்துவிட்டதுதான் என்பது தெளிவு. தரையின் மீது அழுத்திக் கொண்டிருந்த காற்றுத் தூணின் உயரம் சுமார் மூன்றில் ஒரு பங்கு குறைந்துவிட்டது. குறைவான

அழுத்தத்திற்கு உள்ளாகிய நீர் நூறு டிகிரிக்குப் பதி லாக அறுபத்து ஆறு டிகிரியில் கொதித்ததற்குக் காரணம் இதுதான். கடல் மட்டத்திற்குப் பதினொரு கிலோமீட்டர் உயரமுள்ள மலையுச்சியிலும் இப்படித்தான் நிகழ்ந்திருக் கும். காப்டனிடம் ஒரு அழுத்தமானி இருந்திருந்தால், வளிமண்டல அழுத்தத்தின் இந்தக் குறைவை அது காட்டியிருக்கும்.''

அவர்கள் கூறுவதை நாம் ஆட்சேபிக்காது ஏற்றுக் கொள் வோம். நீர் 66 சென்டிகிரேட் டிகிரியில் கொதித்தது என்று அவர்கள் சொல்கிறார்கள். அவர்கள் சொல்வதை அப்படியே நாம் எடுத்துக் கொள்வோம். ஆனால், அவர்களைச் சுற்றிலு மிருந்த அவ்வளவு அடர்த்திக் குறைவான ஒரு வளிமண் டலத்தில் அவ்விரு மனிதர்களும் கேடின்றி நன்றாய் இருந் திருக்க முடியுமா என்பது ஐயத்திற்குரியதே.

11,000 மீட்டர் உயரத்தில் நீர் இவ்வெப்பநிலையில் கொதிப்பதை நாம் காண்போம் என்று ஜூல் வேர்ன் கூறு வது முற்றிலும் சரியேயாகும். கணக்கின்படி இவ்வுயரத்தில் நீர் 66 சென்டிகிரேட் டிகிரியில் கொதிக்க வேண்டும். (ஏற் கனவே நாம் கவனித்தபடி, ஒவ்வொரு கிலோமீட்டர் உயரத்திற்கும் நீரின் கொதிநிலை 3 சென்டிகிரேட் டிகிரி குறைவதனால், நீரை 66 டிகிரியில் கொதிக்கச் செய்வதற்கு $34:3 \approx 11$ கிலோமீட்டர் உயரச் செல்ல வேண்டும்.) இந்த எடுத்துக்காட்டில், வளிமண்டல அழுத்தம் 190 மில்லி மீட்டர் பாதரசத் தூண் அளவுதான் இருக்கும்; திட்ட வளி மண்டல அழுத்தத்தில் இது சரியாக நாலில் ஒரு பங்காகும். அந்த அளவுக்கு அடர்த்தி குறைவாகிவிட்ட காற்றைச் சுவாசித்து உயர்வாழ்வது அனேகமாய் இயலாத காரியம். இந்த உயரம் ஸ்ட்ராட்டோஸ்பியர் எனப்படும் மேல் அடுக் கில் இருப்பதாகும். ஆக்ஸிஜன் முகமூடி அணியாமல் இத் தகைய உயரத்தை அடைந்த விமானிகள் நினைவை இழந்தனர் என்பது நமக்குத் தெரியும். ஆனால், செர்வடாக்கும் அவ னுடைய பணியாளும் உடல் நலமுடன்தான் இருந்தார்கள். செர்வடாக்கினிடம் ஒரு அழுத்தமானி இல்லாதிருந்தது நல்லதாயிற்று. இருந்திருந்தால், பௌதிகவியல் விதிகளின்படி காட்ட வேண்டியதற்கு மாறாகப் பிறிதோர் அளவை அது காட்டும்படி ஜூல் வேர்ன் செய்ய வேண்டி வந்திருக்கும்.

நமது பயணிகள் இருவரும் வால் நட்சத்திரத்திற்குப்

பதிலாக, 60 — 70 மி. மீ. வளிமண்டல அழுத்தமுள்ள செவ்வாய்க் கிரகத்தில் இருந்திருப்பார்களேயானல், 45 சென்டிகிரேட் டிகிரிக்கே சூடாக்கப்பட்ட மேலும் குளிர்ச்சியான கொதிநீரைக் குடித்திருப்பார்கள்.

இதற்கு எதிராக, தரை மட்டத்தில் இருப்பதைவிட மிகவும் அதிக வளிமண்டல அழுத்தமுடைய ஆழமிக்க சுரங்கங்களின் அடியில் மிகச் சூடான கொதிநீர் கிடைக்கும். 300 மீட்டர் ஆழத்தில் நீர் 101 சென்டிகிரேட் டிகிரியில் கொதிக்கிறது; 600 மீட்டர் ஆழத்தில் 102 டிகிரியில் கொதிக்கிறது.

நீராவி இஞ்சினின் கொதிகலத்தில்கூட அதிகமான அழுத்தத்தில் நீர் கொதிக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக, 14 வளிமண்டல அழுத்தத்தில் நீர் 200 சென்டிகிரேட் டிகிரியில் கொதிக்கிறது! மாருக, காற்றுப் பம்பின் ஜாடியினுள் அறையின் சாதாரண வெப்பநிலையில்கூட நீரைக் கொதிக்கச் செய்ய முடியும்; ''கொதிக்கும் நீர்'' அப்போது 20 சென்டிகிரேட் டிகிரி அளவிற்கே சூடாக இருக்கும்.

சூடான பனிக்கட்டி

சற்றுமுன்தான் குளிர்ச்சியான கொதிநீரைப் பற்றிக் குறிப்பிட்டோம். ஆனல், அதைவிட இன்னும் வியப்பான மற்றொன்று — சூடான பனிக்கட்டி — இருக்கிறது. பூஜ்யம் சென்டிகிரேட் டிகிரிக்குமேல் நீர் திட நிலையில் இருக்க முடியாது என்னும் கருத்திற்கு நாம் பழக்கப்பட்டுள்ளோம். ஆயினும், அது அவ்வாறில்லை என்பதை பிரிஜ்மான் என்னும் பௌதிகவியலாளர் எடுத்துக்காட்டினர். மிகவும் அதிகமான அழுத்தத்தில் நீர் திடப் பொருளாகி, பூஜ்யம் சென்டிகிரேட் டிகிரிக்கு மேற்பட்ட வெப்பநிலைகளிலும்கூட அதே நிலையில் தொடர்ந்து இருக்கிறது. பொதுவாகக் கூறினல், ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பனிக்கட்டி வகைகள் இருக்க முடியுமென பிரிஜ்மான் நிரூபித்தார். ''5ஆம் எண் பனிக்கட்டி'' என்று அவர் குறிப்பிட்ட பனிக்கட்டியானது பிரம்மாண்டமான அழுத்தமான 20,600 வளிமண்டல அழுத்தத்தில் கிடைப்பதாகும்; 76 சென்டிகிரேட் டிகிரி வெப்பநிலையிலும் அது திடப் பொருளாகவே இருக்கிறது. நாம் மட்டும் அதைத் தொட முடிந்தால் அது நம் விரல் நுனிகளைச் சுட்டுவிடும். ஆனல் நாம்

அதைத் தொட முடியாது; ஏனெனில், மிக உயர்ந்த ரக உருக்கினுலான கனமான சுவர்களுள்ள பாத்திரத்தில் பெரிதும் சக்தி வாய்ந்த ஓர் அழுத்தி இயந்திரத்தில் அது உண்டாகிறது. நாம் அதைப் பார்க்கக்கூட முடியாது. அதன் தன்மைகளைப் பற்றி நமக்குத் தெரிந்ததெல்லாம் நேரடியாய் அல்லாத பிற வழிகளில் அறியப்பட்டதாகும்.

இந்தச் ''சூடான பனிக்கட்டி'' சாதாரணப் பனிக்கட்டியைவிட. நீரையும்விட அதிக அடர்த்தியுடையது என்பது குறிப்பிடத் தக்கது. அதன் ஒப்பு எடை 1.05. அது நீரில் அமிழ்ந்துவிடும்—சாதாரணப் பனிக்கட்டி நீரில் மிதக்குமென்பது நமக்குத் தெரியும்.

நிலக்கரியிலிருந்து குளிர்ச்சி

நிலக்கரியிலிருந்து—வெப்பத்தை அல்ல—குளிர்ச்சியைப் பெறலாம், இது வெறும் கற்பனையல்ல. ''உலர்ந்த பனிக்கட்டி'' எனப்படுவதை உற்பத்தி செய்யும் தொழிற்சாலைகளில் நாள்தோறும் நிலக்கரியிலிருந்து குளிர்ச்சி பெறப்படுகிறது. இங்கு உருளைக் கொதிகலங்களில் நிலக்கரி எரிக்கப்பட்டு, அது வெளிவிடும் புகை சுத்திகரிக்கப்படுகிறது; பிறகு அதிலுள்ள கரியமிலவாயு, காரக் கரைசலில் சேகரிக்கப்படுகிறது. அதைக் காய்ச்சி, தூய கரியமிலவாயு பிரிக்கப்பட்டுக் குளிரச் செய்யப்படுகிறது; பிறகு, 70 வளிமண்டல அழுத்தத்துக்கு உட்படுத்தப்பட்டு அது திரவமாக்கப்படுகிறது சோடா பானங்கள் தயாரிக்கும் தொழிற்சாலைகளுக்கு, அல்லது, தொழில் துறையில் பயன்படுத்தப் பெறும் திரவக் கரியமிலவாயு என்பது இதுவேதான். இது — மாஸ்கோ பாதாள ரயில் பாதை போடப்பட்ட போது செய்ததைப் போல்—தரையை உறைய வைப்பதற்குப் போதுமான குளிர் நிலையில் இருக்கிறது. திட கரியமிலவாயு அல்லது உலர்ந்த பனிக்கட்டி எனப்படுவது பல வேலைகளுக்குத் தேவைப்படுகிறது.

குறைந்த அழுத்தத்தில் திரவக் கரியமிலவாயுவை விரைவாய் ஆவியாக்கி உலர்ந்த பனிக்கட்டி பெறப்படுகிறது. உலர்ந்த பனிக்கட்டித் துண்டுகள், வெளிப் பார்வைக்குப் பனிக்கட்டியைவிட அழுத்தப்பட்ட வெண்பனியையே அதிகம் ஒத்திருக்கின்றன, பொதுவாகச் சொல்லப்போனால்,

திடப் பொருளாக உறைய வைக்கப் பெற்ற நீரிலிருந்து இவை பெரிதும் வேறுபடுகின்றன. கரியமிலவாயுவினுலான பனிக்கட்டி சாதாரணப் பனிக்கட்டியைவிடக் கனமானது, நீரில் மூழ்கிவிடுகிறது. அது மிகவும் குறைவான வெப்பநிலையில்—பூஜ்யத்திற்குக் கீழே 78 சென்டிகிரேட் டிகிரியில்—இருந்தாலும், அதைக் கவனமாய் விரல்களால் பிடித்துக் கொண்டால், அதன் குளிர்ச்சியை நீங்கள் உணர மாட்டீர்கள். ஏனெனில், வெப்பமான விரல் நுனிகளால் அதைத் தொட்டவுடன் கரியமிலவாயு உண்டாகி, தோலைக் குளிரச் செய்யாமல் பாதுகாக்கிறது. உலர்ந்த பனிக்கட்டித் துண்டை இறுக்கிக் கெட்டியாகப் பிடித்துக் கொண்டால்தான் விரல்கள் உறைந்து போய்விடக் கூடிய ஆபத்து ஏற்படும்.

''உலர்ந்த பனிக்கட்டி'' என்னும் பெயர் மிக்கப் பொருத்தமானது; ஏனெனில் இப்பெயர் அதற்கே உரிய சிறப்பான பௌதிகவியல் தன்மையை வலியுறுத்திக் காட்டுகிறது. அது ஒருபோதும் ஈரமாயிருப்பதில்லை; தன்னைத் தொடும் எதையும் அது ஒருபோதும் ஈரப்படுத்துவதுமில்லை. அதைச் சூடாக்கினுல், அது திரவநிலையை அடையாது உடனே நேரே வாயுவாய் மாறிவிடுகிறது. ஏனெனில் ஒரு வளிமண்டல அழுத்தத்தில் கரியமிலவாயு திரவநிலையில் இருக்க முடியாது. உலர்ந்த பனிக்கட்டியின் இச்சிறப்பியல்பினுலும் அதற்குள்ள குறைவான வெப்பநிலையினுலும் அது மிகச் சிறந்த குளிரூட்டும் காரணியாகிவிடுகிறது. அதனுல் குளிரூட்டப்பட்டுப் பாதுகாக்கப்படும் பண்டங்கள் ஒருபோதும் ஈரமாவதில்லை; மேலும் கரியமிலவாயு நுண்ணுயிர்கள் உண்டு பெருகுவதைத் தடுப்பதனுல், அப்பண்டங்கள் பூசணத்தினுலும் பூஞ்சக்காளானினுலும் கெட்டுப் போகாமல் காப்பாற்றப்படுகின்றன. தவிரவும், இவ்வாயு இருக்குமிடத்தில் பூச்சிகளோ, எலி போன்ற பிராணிகளோ உயிர்வாழ முடியாது. இறுதியாக, நெருப்பை அணைப்பதற்கும் கரியமிலவாயு நம்பகமான சாதனமாய் இருக்கிறது. எரியும் பெட்ரோலில் ஒருசில உலர்ந்த பனிக்கட்டித் துண்டுகளை வீசினுல், தீ உடனே அணைந்துவிடுகிறது. இவை அனைத்தின் காரணமாய்த் தொழில் துறையிலும் வீடுகளிலும் அதை மக்கள் பெரிதும் விரும்புகின்றனர்.

அத்தியாயம் எட்டு

காந்தவியலும் மின்சாரமும்

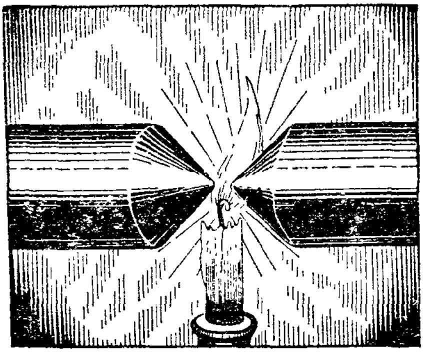
''பாசக் கல்''

இயற்கைக் காந்தங்களுக்குச் சீனர்கள் சூட்டிய, கவிதை மணம் கமழும் பெயராகும் இது. ''சு ஷி'', அதாவது ''பாசக் கல்'', தாய் தனது குழந்தைகளைப் பாசமுடன் அணைத்துக் கொள்வதைப் போல் இரும்பைக் கவர்ந்திழுத்து அணைத்துக் கொள்கிறதெனக் கூறுகின்றனர் சீனர்கள். சீனு விலிருந்து நெடுந் தொலைவில் வசிக்கும் பிரெஞ்சு மக்களும் காந்தத்திற்கு அதே மாதிரியாகவே பெயரிட்டுள்ளனர்; **காந்தம், பாசம்** என்னும் இரண்டையுமே குறிக்கும் aimant என்று அவர்கள் அதை அழைக்கின்றனர்.

இயற்கைக் காந்தங்களுக்குள்ள இந்தப் ''பாசம்'' மிகவும் குறைவானதே. எனவே காந்தத்தைக் குறிக்கும் கிரேக்கப் பெயராகிய ''ஹெர்க்குலீஸின் கல்'' என்பது சற்று வேடிக்கையாகவே தோன்றுகிறது. இயற்கைக் காந்தத்துக்குள்ள இந்தச் சொற்ப அளவேயான கவரும் சக்தியே பண்டைய கிரேக்கர்களை வியப்பில் ஆழ்த்தியது என்றால், பல டன்கள் எடையுள்ள பெரிய இரும்புப் பாளங்களைத் தூக்க வல்ல, உருக்கு ஆலைகளில் பயன்படுத்தப்படும் நவீன காந்தங்களை அவர்கள் கண்ணுற்றால், எப்படி வியப்புறுவார்களோ! இக்காந்தங்கள் என்னவோ இயற்கைக் காந்தங்கள் இல்லைதாம்; இவை இரும்புத் துண்டைச் சுற்றிப் பொருத்தப்பட்டுள்ள கம்பியில் பாயும் மின்னோட்டத்தினால் காந்தப் படுத்தப்பட்டுள்ள மின்காந்தங்கள். எனினும், இரண்டுமே வெளிப்படுத்துவது ஒரே வகைக் கவர்ச்சியே — காந்தத் தன்மையே— ஆகும்.

காந்தம் இரும்பை மாத்திரமே கவர்ந்திழுக்கிறது, வேறு எதையும் கவர்ந்திழுப்பதில்லை என்று எண்ண வேண்டாம். இரும்பைக் கவர்ந்திழுப்பதைப் போல் அவ்வளவு வலுவுடன் இல்லை எனினும், சக்தி வாய்ந்த ஒரு காந்தம் கவர்ந்திழுக்கும் வேறு சில பொருள்களும் உள்ளன. இவை நிக்கல், கோபால்ட், மாங்கனீஸ், அலுமினியம், தங்கம், வெள்ளி, பிளாட்டினம் ஆகிய உலோகங்களாம். துத்தநாகம், காரீயம், கந்தகம், பிஸ்மத் போன்ற எதிர்க்காந்தத்தன்மை* கொண்ட பொருள்களின் இயல்புகள் மேலும் விசித்திர மானவை. இவை சக்தி வாய்ந்த காந்தத்திஞல் எதிர்த்துத் தள்ளப்படுகின்றன!

திரவங்களையும் வாயுக்களையும் கூடக் காந்தம் கவர்ந்திழுக்கவோ எதிர்த்துத் தள்ளவோ முடியும். ஆனுல், குறிப்பிடத்தக்க விளைவு ஏற்பட வேண்டுமாஞல், காந்தம் மிகவும் சக்தி வாய்ந்ததாயிருக்க வேண்டும். இங்ஙனமே, காந்தம் தூய ஆக்ஸிஜன் வாயுவையும் கவர்ந்திழுக்க முடியும். ஒரு



படம் 88. மின்காந்தத்தின் துருவங்களிடையே மெழுகுவத்திச் சுடர்.

---

* துத்தநாகம், காரீயம் போன்றவற்ருல் ஆன கட்டைகளைக் காந்தப் புலத்தில் தன்வயமாகத் தொங்கவிட்டால், அவை காந்தப் புலத்தின் காந்தசக்திக் கோடுகளுக்குச் செங்கோணத்தில் அமைந்து கொள்கின்றன; அதாவது, காந்தப்படுத்தும் புலத்திற்கு எதிர்த் திசையில் காந்தப்படுத்தப்படுகின்றன; அத்தகையவை ''எதிர்க்காந்தத்தன்மை கொண்டதாய்'' கூறப்படுகின்றன.—**மொழிபெயர்பாளர்.**

சோப்புக் குமிழியினுள் ஆக்ஸிஜனை நிரப்பி, அதைச் சக்தி வாய்ந்த மின்காந்தம் ஒன்றின் துருவங்களினிடையே வைத்தால் கண்ணுக்குப் புலப்படாத காந்த விசைகள் அச்சோப்புக் குமிழியின்மீது செயல்பட்டு அதை நீள்கோள வடிவமுடையதாக்கிவிடும். சக்தி தாய்ந்த காந்தத்தின் துருவங்களினிடையே வைக்கப்படும் மெழுகுவத்திச் சுடரும் தனது வழக்கமான வடிவத்தை மாற்றிக் கொண்டு, காந்த விசைகளுக்கு வயப்படுவதைத் தெளிவாய்க் காணலாம் (படம் 88).

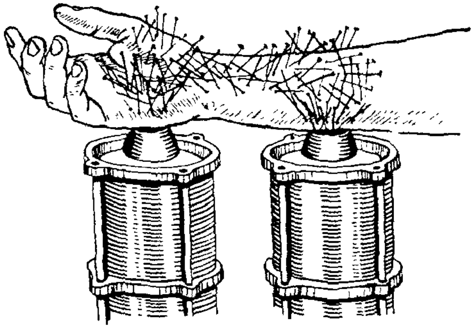
திசைகாட்டிப் பிரச்சினை

திசைகாட்டியின் முள் எப்போதுமே ஒரு முனை வடக்கு நோக்கியும் மறு முனை தெற்கு நோக்கியும் காட்டுகிறது. இது தான் நமக்குப் பழக்கமான கருத்து. ஆகவே பின்வரும் கேள்வி முட்டாள்தனமானதாகத் தோன்றலாம்: பூமியின் எந்தப் பகுதியில் காந்த முள்ளின் இரு முனைகளும் வடக்குத் திசையைக் காட்டும்? பின்வரும் கேள்வியும் இதே அளவுக்கு அபத்தமானதாகவே தோன்றலாம்: பூமியின் எந்தப் பகுதியில் காந்த முள்ளின் இரு முனைகளும் தெற்குத் திசையைக் காட்டும்?

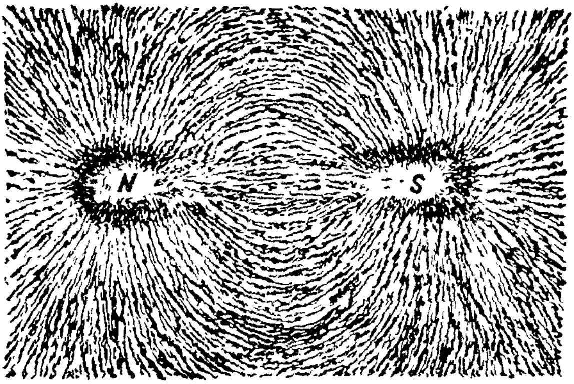
நமது பூமியில் அவ்வாறான இடங்கள் இருக்க முடியாது என்றுதான் நீங்கள் சொல்லுவீர்கள். ஆயினும், அம்மாதிரியான இடங்கள் இருக்கவே செய்கின்றன. பூமியின் புவித் துருவங்களும் காந்தத் துருவங்களும் ஒரே இடங்களில் இல்லை என்பதை நினைவு கூர்ந்தால், நான் எந்த இடங்களைக் குறிப்பிடுகிறேன் என்று நீங்கள் ஊகித்துக் கொண்டுவிடலாம். திசைகாட்டியின் முள் புவித் தென் துருவத்தில் இருக்கும் போது அது எந்தத் திசையைக் காட்டும்? அதன் ஒரு முனை காந்தத் துருவங்களில் அருகில் இருப்பதையும் மறு முனை எதிர்த் திசையிலும் காட்டும். ஆனால், தென் புவித் துருவத்திலிருந்து எத்திசையில் சென்றாலும் எப்போதும் வடக்கு நோக்கியே செல்ல வேண்டி இருக்கும் — உண்மையில் வடக்கே செல்வதைத் தவிர வேறு எந்த வழியும் கிடையாது. ஆகவே, அங்கே காந்த முள் இரு முனைகளிலும் வடக்கையே காட்டும். அங்ஙனமே, வட புவித் துருவத்தில் காந்த முள் தனது இரு முனைகளிலும் தெற்கையே காட்டும்.

புகைப்படம் ஒன்றிலிருந்து எடுத்து வரையப் பெற்ற படம் 89 விசித்திரமான ஒரு நிகழ்வைக் காட்டுகிறது. மின்காந்தம் ஒன்றின் துருவங்களின்மீது வைக்கப்பட்டிருக்கும் கையிலிருந்து சிலிர்த்து நிற்கும் தடித்த ரோமங்களைப் போல் குத்திட்டு நிற்கும் ஏராளமான ஆணிகளை அதில் பார்க்கிறோம். கை எவ்வகைக் காந்தக் கவர்ச்சியையும் உணருவதில்லை. ஆனால் காந்த விசைகள் கண்ணுக்குத் தெரியாத வகையில் அதனூடாகச் செல்கின்றன. இந்த விசைகளுக்கு உட்படுத்தப்பட்ட இரும்பாணிகள், காந்த விசைகளின் திசையைக் காட்டும் ஓர் ஒழுங்கு வரிசையில் தம்மை அமைத்துக் கொள்கின்றன.

காந்தத்தன்மையை உணரவல்ல தனிப் புலன் எதுவும் நமக்குக் கிடையாது. ஆகையால் ஒரு காந்தத்திலிருந்து வெளிப்படும் காந்த விசைகள் இருப்பதை நாம் ஊகிக்கவே முடிகிறது. (காந்தப் புலன் நமக்கு இருக்குமேயானால், நமக்கு எப்படியிருக்கும் என்பதை அறிந்து கொள்வது சுவாரசியமாக இருக்கும். கிரேய்டல் என்பவர் நண்டுகளுக்கு ஒருவகைக் காந்தப் புலன் உண்டாகும்படிச் செய்தார். இளம் நண்டுகள், தங்களது சமநிலையாக்கியுறுப்பின் ஒரு பகுதியான உணர்ச்சி செறிந்த ரோமத்தைப் பாதிக்கவல்ல சிறு பருக்கைக்



படம் 89. கையைக் கடந்து செயல படும் காந்த விசைகள்.



படம் 90. அடிப்புறம் ஒரு காந்தம் வைக்கப்பட்டுள்ள அட்டையின்மீது இரும்புத் துகள்கள் அமைந்திருக்கும் முறை. (புகைப்படம் ஒன்றிலிருந்து எடுத்து வரையப்பட்டது.)

கற்களைத் தங்களுடைய செவியுறுப்புக்களினுள் நுழைத்துக் கொள்வதை அவர் கவனித்தார். மனிதச் செவியிலும் ''செவிப் பரல்கள்'' என்றழைக்கப்படும் அத்தகைய பருக்கைக் கற்கள் உள்ளன. இவை பிரதானச் செவியுறுப்பின் அருகில் அமைந்திருக்கின்றன. செங்குத்துத் திசையில் செயல்படும் இக்கற்கள் ஈர்ப்பின் திசையைக் காட்டுகின்றன. நண்டின் செவிகளினுள் இக்கற்களுக்குப் பதிலாக இரும்புத் துகள்களைக் கிரேய்டல் மெல்ல நுழைத்தார். காந்தம் ஒன்றை அருகே கொணர்ந்தபோது, காந்த விசை, ஈர்ப்பு ஆகியவற்றின் தொகுபயனுக்குச் செங்குத்தான ஒரு தளத்தில் நண்டு அமைந்து கொண்டது. ''அண்மையில் இப்பரிசோதனைகளின் திருத்தப்பட்ட வகை ஒன்று மனிதனின் மீது செய்யப்பட்டது. செவிப்பறையின் மீது நுண்ணிய இரும்புத் துகள்களைக் கேலர் ஒட்டினார்; இதன் விளைவாக, செவியானது காந்த விசையின் அலைவுகளை ஒலியாகவே ஏற்று உணர்ந்தது.'' (பேராசிரியர் ஒ. வீனர்.) எனினும், இவ்விசைகள் எங்ஙனம் அமைந்து கொள்கின்றன என்பதை மறைமுகமாகக் கண்டு கொள்வது எளிதேயாகும். நுண்ணிய இரும்புத் துகள்களைக் கொண்டு இதைச் செய்ய முடியும்.

மழமழப்பான ஓர் அட்டையையோ, ஒரு கண்ணாடித்

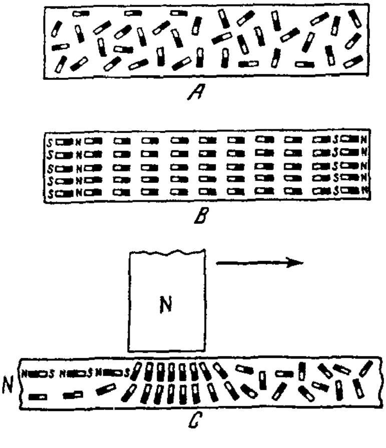
தகட்டையோ எடுத்துக் கொண்டு, அதன்மீது இரும்புத் துகள்களை இலேசாகத் தூவவும். பிறகு இந்தக் கண்ணாடித் தகட்டை அல்லது அட்டையை ஒரு காந்தத்தின் மேற்புறத்தின் மீது வைத்து, விரலினால் அதை மெல்லத் தட்டவும். கண்ணாடி மற்றும் அட்டை ஆகியவற்றினூடாகக் காந்த விசைகள் தடையின்றிச் செல்வதனால், இரும்புத் துகள்கள் காந்தப்படுத்தப்படுகின்றன. அட்டையைச் சுண்டி, இரும்புத் துகள்களை இடம் பெயரச் செய்தால், காந்த முள் ஒன்று ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட புள்ளியிலும்—காந்த விசைக் கோடுகளின் நீளவாக்கில்—எங்ஙனம் அமைந்து கொள்ளுமோ, அதே ஒழுங்கு வரிசையில் காந்த விசைகள் இந்த இரும்புத் துகள்களை அணி வகுக்கச் செய்கின்றன. இதன் விளைவாக, படம் 90இல் காட்டப்பட்டுள்ளபடி, கண்ணுக்குத் தெரியாத காந்தக் கோடுகளின் அமைப்பைத் தெளிவாகக் காண்பிக்கும் வகையில் இரும்புத் துகள்கள் வரிசைகளாக அமைந்து கொள்கின்றன. காந்த விசைகள் வளைவுகளினால் ஆகிய ஒரு சிக்கலான வடிவை அமைக்கின்றன; இவ்வளைவுகள் ஒவ்வொரு துருவத்தினின்றும் ஆரங்கள் போல் கிளம்பி, சில சமயம் குறுகியும் சில சமயம் நீண்டும் உள்ள வில்வடிவக் கோடுகளை அமைத்துக் கொண்டு இரு துருவங்களையும் இணைக்கின்றன. பௌதிகவியலாளர் ஒருவர் தமது மனத்தில் கற்பனை செய்து கொள்ளும். ஒவ்வொரு தனிக் காந்தத்தைச் சுற்றிலும் இருக்கும் ஓர் அமைப்பை இத்துகள்கள் காண்பிக்கின்றன. துருவங்களுக்கு அருகே செல்லச் செல்ல, இக்கோடுகள் மிகவும் தடிமனாகவும் தெளிவாகவும் உள்ளன. துருவங்களை விட்டுத் தொலைவில் செல்லச் செல்ல இவை மங்குகின்றன. தொலைவு அதிகமாக அதிகமாக காந்தக் கவர்ச்சி விசைகள் பலவீனமடைவதை இது தெளிவாய் விளக்குகிறது.

எஃகு எவ்வாறு காந்தமாக்கப்படுகிறது?

அடிக்கடி கேட்கப்படும் இவ்வினாவுக்கு விடை காண, காந்தத்திற்கும் காந்தமில்லாத எஃகுத் துண்டிற்குமுள்ள வேறுபாட்டை நாம் முதலில் புரிந்து கொள்ள வேண்டும். காந்தமாக்கப்பட்ட எஃகுத் துண்டாயினும் சரி, காந்தமாக்கப்படாத எஃகுத்துண்டாயினும் சரி அதிலுள்ள இரும்பு

அணு ஒவ்வொன்றையும் ஒரு சிறிய காந்தமாகவே கருதலாம். காந்தமடையாத நிலையில் இக்குட்டிக் காந்தங்கள் தாறுமாறாய் அமைந்திருப்பதால் இவற்றின் துருவங்கள் ஒன்றையொன்று முழுவதும் நடுநிலைப்படுத்திக் கொண்டுவிடுகின்றன (படம் 91, A). இந்த எஃகுத் துண்டு காந்தமாயிருக்குமாயின் எல்லாச் சிறிய காந்தத் துணுக்குகளும்—படம் 91, B இல் காட்டப்பட்டிருப்பது போல்—ஓரினத் துருவங்கள் யாவும் ஒரே திசையில் இருக்குமாறு ஒழுங்கு வரிசையில் அமைந்திருக்கின்றன.

எஃகுத் துண்டு ஒன்று காந்தமாக்கப்படும்போது அதில் என்ன நிகழ்கிறது? காந்தத்தின் கவர்ச்சி விசைகள், எஃகுத் துண்டிலுள்ள காந்தத் துணுக்குகளை அவற்றின் தெற்கு அல்லது வடக்குத் துருவங்கள் ஒரே திசையை நோக்கியிருக்குபடிச் செய்கின்றன. இதனை படம் 91, Cஇல் காணலாம். காந்தத் துணுக்குகள் முதலில் தமது தென் துருவங்கள் காந்தத்தின் வட துருவத்தை நோக்கியிருக்குமாறு திரும்புகின்றன; பிறகு காந்தம் மேலும் நகர்த்தப்படும் போது, காந்தத் துணுக்குகள் தமது தென் துருவங்கள் காந்தம் நகரும் திசையை நோக்குமாறு தம்மை அமைந்து கொள்கின்றன.



படம் 91. A — காந்தமாக்கப்படாத எஃகுத் துண்டில் காந்த அணுக்கள் அமைந்திருக்கும் முறை; B — காந்தமாக்கப்பட்ட எஃகுத் துண்டில் அவை அமைந்திருக்கும் முறை; C— காந்தமாக்கப்படும் எஃகில் காந்த அணுக்களைக் காந்தத் துருவம் நெருங்கும்போது ஏற்படும் விளைவு.

எஃகைக் காந்தமாக்குவதற்கு எப்படி நாம் ஒரு காந்தத்தைப் பயன்படுத்த வேண்டும் என்பதை இது காட்டுகிறது. எஃகுத் துண்டின் ஒரு நுனிமீது காந்தத்தின் ஒரு துருவத்தை வைத்து அழுத்தி மறு நுனிக்கு நகர்த்த வேண்டும். எஃகைக் காந்தமாக்குவதற்கு

மிகவும் எளிய, பழமையான வழிகளுள் ஒன்றாகும் இது. ஆனால் சிறிய, பலவீனமான காந்தங்களைச் செய்யத்தான் இது பயன் படுகிறது. சக்தி வாய்ந்த காந்தங்கள், மின்னோட்டங்களின் இயல்புகளை ஆதாரமாகக் கொண்டே செய்யப்படுகின்றன.

மாபெரும் மின்காந்தங்கள்

இரும்பு, உருக்கு ஆலைகளில் மின்காந்தப் பாரந் தூக்கி கள் பெருஞ்சுமைகளைத் தூக்குவதைப் பார்த்திருப்பீர்கள். பல டன்கள் எடையுள்ள பெரும் இரும்புப் பாளங்களையும் இயந்திர உறுப்புக்களையும் எந்த இணைப்பும் இல்லாமலே அவை தூக்கி நகர்த்த முடியுமாதலால், அவற்றின் சேவை அளவிடற்கரியதாகும். சேர்த்து அடுக்கிக் கட்டப்படாமலும் பெட்டிகளில் வைக்கப்படாமலும் பெருங் குவியலாய்க் கிடக் கும் இரும்புத் தகடு, கம்பி, ஆணிகள், உலோகத் துண்டுகள் முதலானவற்றை இவை அப்படியே திரட்டிச் சேர்த்து எடுத்துச் செல்கின்றன. இந்தக் குவியல்களை வேறு எவ்வழி யிலும் எடுத்துச் செல்வதெனில் மிகுந்த நேரமும் முயற்சியும் செல்வாகிவிடும்.

இந்தத் தூக்கும் காந்தங்கள் எவ்வளவு உபயோகமாயுள் ளன என்பதைப் படங்கள் 92, 93இல் காணலாம். படம் 92இல் காட்டப்பட்டுள்ள சக்தி வாய்ந்த காந்தப் பாரந் தூக்கி ஒரே தடவையில் தூக்கிவிடும் இரும்புத் தகடுகளை ஒன்றாகச் சேர்ப்பதும் தூக்குவதும் எவ்வளவு சிரமமான காரியம்! உழைப்பு மிச்சமாவதோடுகூட, வேலையும் எளி தாகிவிடுகிறது. ஆணிகள் நிறைந்த ஆறு பீப்பாய்களை ஒரே தடவையில் தூக்கிச் செல்லும் காந்தப் பாரந்தூக்கியைப் படம் 93 காட்டுகிறது. இரும்பு, உருக்கு ஆலை ஒன்றில் நான்கு காந்தப் பாரந்தூக்கிகள் தலைக்குப் பத்துத் தண்ட வாளங்கள் வீதம் தூக்கிச் சென்று, 200 ஆட்களது வேலை யைச் செய்துவிடுகின்றன.

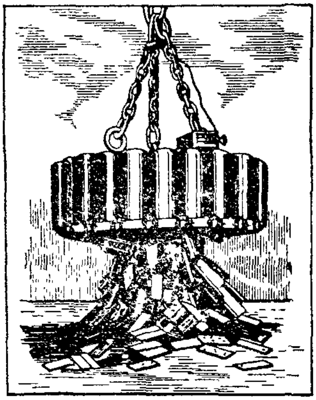
இச்சுமைகளைப் பாரந்தூக்கியுடன் நீங்கள் இணைத்துக் கட்ட வேண்டியதில்லை என்பதை ஏற்கனவே குறிப்பிட்டிருக் கிறேன்; ஏனெனில் மின்காந்தத்தின் கம்பிச் சுருளின் வழி யாக மின்சாரம் பாயும் போது, இவை கீழே விழாமல் பாரந்தூக்கியுடன் ஒட்டிக் கொள்கின்றன. ஆனால் மின்னோட்

டம் தடைப்பட்டால் விபத்து ஏற்படவே செய்யும். தூக்கும் மின்காந்தங்கள் முதன் முதலாக உபயோகத்திற்கு வந்த போது அத்தகைய விபத்துகள் நேர்ந்தன. தொழில் நுட்ப வியல் பத்திரிகை ஒன்றில் பின்வருமாறு படிக்கிறோம்: ''அமெரிக்க ஆலை ஒன்றில் ஒரு மின்காந்தம் இரும்புப் பாளங் களை ரயில் வண்டியிலிருந்து உலைக்குத் தூக்கிச் சென்று கொண்டிருந்தது. திடீரென, மின்சாரம் வழங்கும் நையகாரா நீர்வீழ்ச்சி மின்விசை நிலையத்தில் ஏதோ இடையூறு ஏற் பட்டு, மின்னோட்டம் நின்றுவிட்டது. உலோகப் பாளங்கள் மின்காந்தத்திலிருந்து பிரிந்து, கீழேயிருந்த ஒரு தொழி லாளியை நசுக்கிவிட்டன. இத்தகைய விபத்துகள் மீண் டும் நேராதவாறு தடுப்பதற்கும், மின்சாரச் செலவைச் சிக்கனப்படுத்துவதற்கும் தனிப்பட்ட ஏற்பாடுகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. தூக்கும் காந்தமானது தூக்க வேண்டிய சாமான்களைப் பற்றிக் கொண்டவுடன், அவை கீழ்ப்பக்கத்தி லிருந்து பெரிய எஃகு இடுக்கிகளினால் பிடித்துக் கொள்ளப் படுகின்றன; சுமை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு நகர்த்தப்படும் போது மின்னோட்டம் துண்டிக்கப்பட்டுவிடு கிறது.''

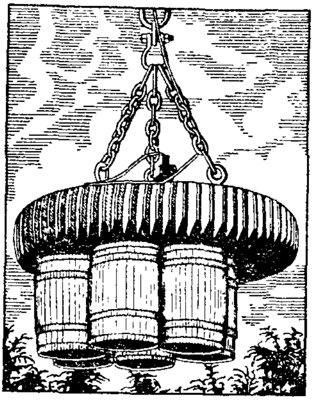
92—93 ஆவது படங்களில் காட்டப்பட்டுள்ள மின்காந் தங்கள் ஒவ்வொன்றும் 1.5 மீட்டர் விட்டமுள்ளதாகவும் 16 டன் எடையை—சாமான்களுடன் கூடிய பார வண்டியின் எடைக்குச் சமமானதாகும் இது—தூக்கவல்லதாகவும் உள் ளன. ஒருநாள் வேலையில் ஒரு காந்தம் மட்டுமே 600 டன்னுக் கும் அதிகமாய்த் தூக்கிச் செல்ல முடியும். ஓரே தடவையில் 75 டன்வரை—ஒரு முழு ரயில் இஞ்சினை—தூக்கிவிடக் கூடிய மின்காந்தங்களும் இருக்கின்றன!

இம்முறையில் சூடான இரும்புத் துண்டுகளைத் தூக்கிச் செல்வது மிக வசதியாக இருக்குமே என்று உங்களுக்குத் தோன்றலாம். ஆனால், துரதிர்ஷ்டவசமாக, குறிப்பிட்ட ஒரு வெப்பநிலை வரையில்தான் இரும்பு காந்தத்தால் கவரப் படுகிறது. செஞ் சூட்டு நிலையிலிருக்கும் இரும்பு தனது காந்த இயல்புகளை இழந்துவிடுகிறது. 800 சென்டிகிரேட் வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கப்பட்ட காந்தம் அதன் காந்தத் தன்மைகளை இழந்துவிடுகிறது.

உலோக வேலை ஆலைகளில் இரும்பு, எஃகு அல்லது,



படம் 92. மின்காந்தப் பாரந்தூக்கி இரும்புத் தகடுகளைத் தூக்கிச் செல்லுதல்.



படம் 93. மின்காந்தப் பாரந்தூக்கி ஆணிகள் நிறைந்த பீப்பாய்களைத் தூக்கிச் செல்லுதல்.

வார்ப்பிரும்பினுலான உறுப்புக்களை நகரமால் ஒரே இடத்தில் பிடித்துக் கொள்ளவோ, நகர்த்தவோ மின்காந்தங்கள் பெருமளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வேலையை எளிதாக்கவும் துரிதப்படுத்தவும் நூற்றுக் கணக்கான வெவ்வேறு கருவிகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன.

காந்த வித்தைகள்

சில சமயம் சர்க்கஸ் வித்தைக்காரர்களும் மின்காந்தங்களை உபயோகிக்கின்றனர். இந்த வித்தைகள் எவ்வளவு வியக்கத்தக்கனவாய் இருக்கும் என்பதைக் கூறத் தேவையில்லை. **மின்சாரமும் அதன் உபயோகமும்** என்னும் பிரசித்தி வாய்ந்த நூலின் ஆசிரியரான டேரி, அல்ஜீரியாவில் காட்டப்பட்ட ஒரு வித்தையைப் பற்றி பிரெஞ்சு மாயவித்தைக்காரர் ஒருவர் தம்மிடம் கூறியதாகப் பின்வரும் கதையைச் சொல்லுகிருர். மின்சாரத்தைப் பற்றி ஒன்றுமே அறியாதவர்களிடம் அது மிகுந்த வியப்பை உண்டாக்கிற்று; மெய்யான ஓர் அதிசயத்தைக் காண்பதாகவே அவர்கள் எண்ணினர். இந்தக் கதை வருமாறு:

''மேற்புறம் கைப்பிடியுடனும் ஓரங்களில் இரும்புடனும் கூடிய பெட்டி ஒன்றை நான் மேடையின் மீது வைத்திருந்தேன். பலசாலி யாராவது இருந்தால் மேடைக்கு வரும்படி அழைத்தேன். அதற்கிணங்க, நடுத்தர உயரமுள்ள வட்டசாட்டமான ஓர் அராபியர்—உள்ளூர் ஹெர்க்குலீஸ்—உற்சாகமாய் மேடைக்கு வந்து என் முன்னால் நின்றார்.

''காலிலிருந்து தலைவரை அவரைப் பார்த்துக் கொண்டே 'நீங்கள் பலசாலிதானே?' என்று கேட்டேன்.

'' 'ஆமாம்' என்றார் அவர்.

'' 'நீங்கள் எப்போதும் பலசாலியாகத்தானே இருப்பீர்கள்?'

'' 'நிச்சயமாக' என்று பதில் வந்தது.

'' 'இல்லை. கண்ணிமைப் பொழுதில் உங்களது பலத்தை என்னால் கவர்ந்துவிட முடியும். சிறு குழந்தையைப் போல் பலமற்றுப் போய் விடுவீர்கள்' என்று கூறினேன்.

''அதை நம்பாமல் ஏளனமாய்ச் சிரித்துக் கொண்டார் அவர்.

'' 'இங்கே வந்து, இப்பெட்டியைத் தூக்குங்கள்' என்றேன்.

''அந்த அராபியர் குனிந்து அதைத் தூக்கிவிட்டு, 'இவ்வளவுதானா?' என்றார்.

'' 'சற்றுப் பொறுங்கள்' என்று சொல்லிவிட்டு, முகத்தைக் கடுமையாய் வைத்துக் கொண்டு, உத்தரவிடுவது போன்ற சைகையுடன் கூறினேன்:

'' ' நீங்கள் இப்போது ஒரு பெண்ணைவிடப் பலவீனமாயிருக்கிறீர்கள். மறுபடியும் அப்பெட்டியைத் தூக்குங்கள்.'

''எனது மாயச் சைகைகளைக் கண்டு சிறிதும் அஞ்சாமல் அவர் மறுபடியும் குனிந்து பெட்டியைத் தூக்க முயன்றார். ஆனால் அவரால் அதை அசைக்கவே முடியவில்லை. எவ்வளவோ முயன்றும் பெட்டி துளியும் நகரவில்லை. மிகப் பெரும் பளுவைத் தூக்குவதற்குத் தேவையான முழு வலுவையும் பிரயோகித்து அவர் அரும் பாடுபட்டுப் பார்த்தார். ஒன்றும் பலிக்கவில்லை. களைத்துப் போய் மேல் மூச்சு வாங்க வெட்கமுற்று முகம் சிவந்து தோல்வியை ஏற்றுக் கொண்டார். எனது மந்திர சக்தியில் இப்பொழுது அவருக்கு முழு நம்பிக்கை உண்டாகிவிட்டது.''

இதன் இரகசியம் மிகவும் எளிது. இரும்பு ஓரங்களுடன் கூடிய பெட்டி, உண்மையிலேயே சக்தி வாய்ந்த ஒரு மின் காந்தத் துருவத்தின் மேல் வைக்கப்பட்டிருந்தது. மின்

ஞேட்டம் இல்லாதிருந்தபோது பெட்டியைத் தூக்குவது எளிதாயிருந்தது. ஆனால் சுருள் வழியாக மின்சாரம் பாய்ந்தவுடன் வலுவுள்ள மூன்று ஆட்கள்கூட அதைத் தூக்க முடியாமல் தோல்வியடைந்திருப்பார்கள்.

விவசாயத் துறையில் காந்தம்

காந்தங்கள் விவசாயத்தில் புரியும் பயனுள்ள சேவை இன்னும் விசித்திரமானது. பயிர்களின் விதைகளைக் களைகளின் விதைகளிலிருந்து பிரித்தெடுக்க இவை சாகுபடியார்களுக்குத் துணை செய்கின்றன. களைகளின் ரோமங்களுடன் கூடிய விதைகள் அச்செடிகளினருகே செல்லும் விலங்குகளின் உடலிலுள்ள கம்பளிமயிரில் ஒட்டிக் கொண்டு, தாய்ச் செடியிலிருந்து நெடுந்தூரம் வரை பரவுகின்றன. சணல், கிளோவர், அல்பால்பா ஆகியவை போன்ற பயனுள்ள பயிர்களின் மழமழப்பான விதைகளிலிருந்து களைகளின் ரோமங்களுள்ள விதைகளை ஒரு காந்தத்தின் உதவியினால் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றன. மாளாது மீள்வதற்காகப் பல்லூழிக் காலமாய் நடைபெற்றுள்ள போராட்டத்தில் இந்தக் களைகள் உருவாக்கிக் கொண்ட இச்சிறப்பியல்பு பயன்படுத்திக் கொள்ளப்படுகிறது. விதைகளின் கலவையில் நுண்ணியதாய்ப் பொடிக்கப் பெற்ற இரும்புத் துகள்கள் தூவப்படுகின்றன. ரோமங்களுள்ள களை விதைகள்மீது இத்துகள்கள் ஒட்டிக் கொள்ளுகின்றன. போதிய அளவிற்குச் சக்தி வாய்ந்த ஒரு மின்காந்தப் புலத்தில் அவற்றை வைத்தவுடன், இரும்புத் துகள்கள் ஒட்டிக் கொண்டிருக்கும் களை விதைகள் காந்தத்தினால் கவரப்பட்டுவிடுவதால், பயிர் விதைகள் தனியே பிரிக்கப்படுகின்றன.

பறக்கும் காந்தப் பொறி

இந்நூலின் தொடக்கத்தில், ஸிரனோ டி பெர்ஜெராக் என்பவரின் வேடிக்கையான **சந்திர சூரிய மண்டல இராச்சியங்களின் சரித்திரம்** என்னும் நூலைக் குறிப்பிட்டிருக்கிறேன். அவரது பாத்திரங்களுள் ஒருவர் சந்திரனுக்குச் செல்வதற்குப் பயன்படுத்திய, காந்தக் கவர்ச்சியை அடிப்படையாகக்

கொண்ட விந்தையான பறக்கும் பொறி ஒன்றை இந்நூலில் விவரிக்கின்றார். இதோ அதிலிருந்து ஒரு பகுதி:

> ''இரும்பினாலான இலேசான ஒரு வண்டி செய்யுமாறு உத்தரவிட்டேன். வசதியாக அதில் நான் உட்கார்ந்து கொண்டவுடன், காந்தக் குண்டு ஒன்றை மேலே எறிந்தேன். உடனே என் இரும்பு வண்டியும் அதைத் தொடர்ந்து உயர எழுந்தது. ஒவ்வொரு தடவையும் நான் குண்டை அணுகியவுடன் அதை மேலும் மேலும் உயர எறிந்தேன். குண்டை நான் தூக்கிய உடனேயே வண்டி உயரச் சென்றது. மிகப் பலமுறை இவ்விதம் நான் குண்டை மேலே எறிந்த பிறகு, வண்டி என்னைச் சந்திரனுக்கு மேலாக உள்ள ஓர் இடத்திற்குக் கொண்டு சென்றது. அங்கிருந்து நான் சந்திரனை நோக்கி இறங்கத் தொடங்கினேன். அப்போது நான் காந்தக் குண்டைக் கெட்டியாகப் பிடித்துக் கொண்டிருந்தால் வண்டி என்னை இறுகத் தழுவியவாறு இருந்தது. இறங்குகையில் கழுத்தை முறித்துக் கொள்ளாமலிருப்பதற்காக, குண்டை உயரே எறிந்து, அது தனது கவர்ச்சியினால் வண்டி விழுவதைத் தாமதப்படுத்தும்படிச் செய்தேன். சந்திரனின் மேற்பரப்பிலிருந்து சுமார் அறுநூறு அல்லது எழுநூறு கஜத் தூரத்தில், நான் இறங்கும் திசைக்குச் செங்கோணத்தில் குண்டை மேலே எறியத் தொடங்கினேன். வண்டி மேற்பரப்பிற்கு அருகில் வந்தவுடன் கீழே இருந்த மணல் மீது குதித்தேன்.''

அவரது திட்டம் சாத்தியமற்றது என்பதை ஒவ்வொருவரும்—ஸிரனோ டி பெர்ஜெராக் உள்பட—உணர்ந்திருக்க வேண்டும். ஆனால், அது ஏன் சாத்தியமற்றது என்பதை எல்லோராலும் கூற முடியுமா என்பது மட்டும் சந்தேகம்தான். இத்திட்டம் சாத்தியமற்றதாய் இருப்பதற்குக் காரணம், இரும்பு வண்டியில் உட்கார்ந்திருக்கும்போது காந்தத்தை உயர எறிய முடியாது என்பதா? அல்லது, காந்தத்தினால் வண்டி கவர்ந்திழுக்கப்படாது என்பதா? அல்லது, வேறு ஏதாவதா?

வண்டியில் இருந்தபடி காந்தத்தை உயர எறிய முடியும், போதிய அளவிற்குச் சக்தி வாய்ந்த காந்தமாயிருந்தால் அது வண்டியைக் கவர்ந்திழுக்கவும் செய்யும். ஆயினும், பறக்கும் பொறி என்னவோ ஓர் அங்குலம்கூட உயரே செல்லாது.

ஒரு படகில் இருந்து கொண்டு கனமான பொருளைக் கரை

யை நோக்கி எறிந்து பார்த்திருக்கிறீர்களா? அதைச் செய்தால், படகு கரையிலிருந்து விலகிச் செல்வதை நீங்கள் உணர்ந்திருப்பீர்கள். குறிப்பிட்ட ஒரு திசையில் நீங்கள் எறிந்து கொண்டிருக்கும் பொருளுக்கு உந்து விசை அளிக்கையில் உங்கள் தசைநார்கள் உங்களது உடலோடுகூடப் படகையும் எதிர்த் திசையில் நகரச் செய்வதனுல்தான் இது நிகழ்கிறது. இது, நாம் ஏற்கனவே பலமுறை குறிப்பிட்டுள்ள செயல், எதிர்ச்செயல் சமத்துவ விதியால் ஏற்படும் விளைவே ஆகும். காந்தத்தை உயர எறியும்போதும் இதுவே நிகழும். வண்டியிலிருந்த மனிதன் காந்தக் குண்டை மேலே எறிந்தவுடன்—வண்டியும் அதைக் கவர்ந்திழுக்குமாதலால், மிகுந்த பிரயாசையுடனேயே அவன் அதைச் செய்திருக்க வேண்டும்—அவன் வண்டியைக் கீழே நகர்த்தியிருப்பான். பரஸ்பரக் கவர்ச்சி காரணமாக நெருங்கி வந்து வண்டியும் குண்டும் தங்களது தொடக்க நிலைகளுக்கே மறுபடியும் வரும். வண்டி ஓர் இறகைப் போல் இலேசானதாயிருந்தாலும்கூட, காந்தக் குண்டை உயரே எறிந்தால், குறிப்பிட்ட ஒரு நடு நிலையிலிருந்து குண்டு மேலும் கீழுமாய் ஊசலாடுவதைத் தவிர எதுவும் செய்யாது என்பது தெளிவு. ஆகவே வண்டியை இடம் பெயரச் செய்ய முடியாது.

17ஆம் நூற்றுண்டின் நடுவில் ஸிரனே டி பெர்ஜெராக் தமது நூலை எழுதியபோது செயல், எதிர்ச்செயல் விதி கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை; எனவே, தமது வேடிக்கையான திட்டத்தைச் செயல்படுத்த முடியாததற்கான காரணத்தை அந்த பிரெஞ்சுக்கார நையாண்டி எழுத்தாளரால் தெளிவாக எடுத்துக் கூறியிருக்க முடியுமா என்பது சந்தேகம்தான்.

''நபியின் புகழுடல்''

ஒருநாள், மின்காந்தப் பாரந்தூக்கி ஒன்று வேலை செய்து கொண்டிருந்தபோது, தரையின் மீது அடித்துப் பொருத்தப் பட்டிருந்த குட்டையான சங்கிலியுடன் இணைந்த கனமான இரும்புக் குண்டு ஒன்றை மின்காந்தம் கவர்ந்து தூக்கியதை ஒரு தொழிலாளி பார்த்தான். குண்டு மேலே சென்று காந்தத்துடன் ஒட்டிக் கொள்ள முடியாமல் சங்கிலி தடுத்ததால், இரண்டிற்குமிடையே கையகலம் இடைவெளி இருந்தது.

எனினும் குண்டும் சங்கிலியும் செங்குத்தாய் எழுந்து நிற்கும் அதிசயக் காட்சியை அவன் காண நேர்ந்தது. காந்தம் மிகவும் சக்தி வாய்ந்ததாக இருந்ததால் சங்கிலியில் அவன் ஏறியபோதும் சங்கிலி அதே நிலையில் இருந்தது. (இது இந்த மின்காந்தத்தின் பிரம்மாண்டமான கவர்ச்சியைக் காட்டுகிறது; ஏனெனில், காந்தத்தின் கவர்ச்சி அதன் துருவத்திற்கும் அது கவரும் பொருளுக்குமிடையேயுள்ள தூரம் அதிகமாக அதிகமாக வெகுவாய்க் குறைகிறது. நேரடித் தொடர்பு இருக்கும்போது 100 கிராம் பளுவைத் தூக்கவல்ல குதிரை லாடக் காந்தம் ஒன்று, அதற்கும் பளுவிற்குமிடையே ஒரு காகிதத்தை வைக்கும் போது, தனது கவர்ச்சியில் பாதியளவை இழந்துவிடுகின்றது. எனவேதான், துருப்பிடிக்காமல் காப்பு அளிப்பதற்காகக்கூட காந்தத்தின் முனைகளுக்கு வர்ணம் பூசப்படுவதில்லை.) அருகேயிருந்த புகைப்படக்காரர் ஒருவர் இந்த வாய்ப்பை நழுவவிடாமல் புகைப் படம் எடுத்தார். முகம்மது நபியின் புகமுடலைப்போன்று, அந்தரத்தில் தொங்கிக் கொண்டிருக்கும் மனிதனைக் காண்பிக்கும் இந்தப் புகைப்படம் படம் 94இல் தரப்பட்டுள்ளது.

படம் 94. குண்டுடன் கூடிய சங்கிலி அந்திரத்தில் நிற்கிறது.

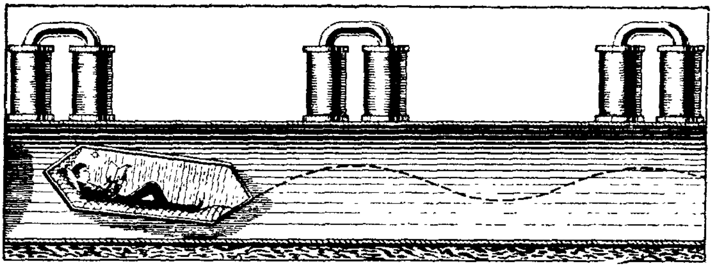
நிற்க, ''நபியின்'' பூதவுடல் காற்றுத் திண்டின் மீது மிதக்கிறதென்பது இஸ்லாமியர்களின் நம்பிக்கை. இப்படி அது மிதக்க முடியுமா? ''நபியின் புகமுடல் காந்தத்தின் கவர்ச்சியால் அந்தரத்தில் நிறுத்தி வைக்கப்பட்டிருப்பதாகச் சொல்லப்படுகிறது. இதில் நடைபெறக் கூடாதது எதுவுமில்லை. ஏனெனில், 100 ராத்தல்வரை தூக்கக்கூடிய, மனித

ஞல் செய்யப்பட்ட காந்தங்கள் உள்ளன'' என்று ஆயிலர் தமது பல்வேறு பௌதிகப் பொருள்கள் பற்றிய கடிதங்கள் என்னும் நூலில் எழுதியிருக்கிருர். (மின்காந்தங்கள் கண்டு பிடிக்கப்படுவதற்கு முன்னரே 1774இல் எழுதப்பட்டதாகும் இது.)

இவ்விளக்கம் ஏற்புடையதாய் இல்லை. இத்தகைய முறை (காந்தத்தின் கவர்ச்சி) அனுசரிக்கப்பட்டால் சமநிலை ஒரு கணப்பொழுதுதான் இருக்க முடியும். ஏனெனில் மிகச் சிறிய அதிர்ச்சி, காற்றின் சிறு அசைவுகூடச் சமநிலையைக் குலைப் பதற்குப் போதுமானதாயிருக்கும். அப்போது சவப்பெட்டி கீழே விழுந்துவிடும், அல்லது மேலே கூரைக்குச் சென்று விடும். ஒரு கூம்பை அதன் உச்சியின் மீது நிற்கச் செய்வது—கோட்பாட்டளவில் அது சாத்தியமேயாளுலும்—எவ்வளவு அசாத்தியமோ, சவப்பெட்டியை இவ்விதத்தில் அந்தரத்தில் அசையாமல் வைப்பதும் அவ்வளவு அசாத்தியமேயாகும்.

எனினும் ''நபியின் புகழுடல்'' நிகழ்ச்சி போன்றதைக் காந்தத்தின் உதவியுடன் செய்து காட்டுவது சாத்தியமே. ஆனல் இதற்குப் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி விசைகளுக்குப் பதிலாக, பரஸ்பர எதிர்ப்பு விசைகளை நாம் பயன்படுத்த வேண்டியிருக்கும். (காந்தங்கள் கவரவும் கூடும், எதிர்க்கவும் கூடும் என்பதைப் பௌதிகவியல் படித்தவர்கள்கூட அடிக்கடி மறந்துவிடுகின்றனர்.) காந்தங்களின் ஓரினத் துருவங்கள் ஒன்றை ஒன்று எதிர்க்கின்றன. காந்தமாக்கப்பட்ட இரண்டு இரும்புத் துண்டுகளை, ஓரினத் துருவங்கள் ஒன்றை ஒன்று நோக்கி இருக்குமாறு வைத்தால், அவை ஒன்றை ஒன்று எதிர்க்கின்றன. தக்க எடையுடன் கூடிய காந்தம் ஒன்றை நாம் தேர்ந்தெடுத்தால், மற்ருெரு காந்தத்தைத் தொடாமலேயே, நிலையான சமநிலையில் அதற்குமேல் உயரத்தில் முதல் காந்தம் அந்தரத்தில் தொங்கும்படி எளிதில் செய்ய முடியும். ஆனல், மேலே தொங்கிக்கொண்டிருக்கும் காந்தம் கிடைமட்டத் தளத்திற்கு வந்து விடாமலிருப்பதற்காக, கண்ணுடியைப் போன்ற காந்தத்தன்மையற்ற பொருளாலான தாங்கிகளை நாம் உபயோகிக்க வேண்டியிருக்கும். இந்நிபந்தனைகள் நிறைவேற்றப்பட்டால்''நபியின் புகழுடல்'' அந்தரத்தில் தொங்குவது சாத்தியமே.

காந்தத்தினுடைய கவர்ச்சியின் மூலமாகவும்கூட இதை



படம் 95. பேராசிரியர் வெய்ன்பர்க் திட்டமிட்ட உராய்வில்லாத ரயில்பாதை.

நாம் செய்ய முடியும்; ஆனுல் நகரும் ஒன்றின்மீது இக் கவர்ச்சி செயல்படும்படிச் செய்ய வேண்டும். சோவியத் பௌதிகவியலாளரான ப. பெ. வெய்ன்பர்க் என்பவர் கூறிய உராய்வில்லாத மின்காந்த ரயில் பாதைக்கான அரிய திட்டத்தின் (படம் 95) அடிப்படைக் கோட்பாடு இதுவே ஆகும். இத்திட்டம் அறிவூட்டுவதாயிருக்கும் என்பதால் இதைப் பற்றி சற்று விரிவாய்ச் சொல்ல விரும்புகிறேன்.

மின்காந்த ரயில் போக்குவரத்து

பேராசிரியர் வெய்ன்பர்கின் திட்ட ரயில் பாதையில் ரயில்பெட்டிகளுக்கு எடையே இருக்காது; ஏனெனில், அவற்றின் எடை மின்காந்தக் கவர்ச்சியினுல் முழுவதும் ஈடு செய்யப்பட்டுவிடும். அவை தண்டவாளங்களின் மீது செல்வதில்லை; நீரின் மீது மிதப்பதில்லை; அல்லது காற்றில் பறப்பதுமில்லை. பலமான காந்த விசைகளினுலான கட்புலனுகா "வடங்களினுல்" தொங்கவிடப்பட்டிருக்குமாதலால், கண்ணிற்குத் தெரிகிறுற்போல் அவற்றுக்கு ஆதாரங்கள் எவையும் இரா. அவற்றுக்கு உராய்வு என்பதே கிடையாது. ஒருமுறை நகரும்படி செய்யப்பட்டுவிட்டால், சடத்துவத்தினுல் அவை தொடர்ந்து நகர்ந்து கொண்டேயிருக்கும். அவற்றை இழுப்பதற்கு இஞ்சின் வேண்டியதில்லை.

அந்த ரயில் பாதை செயல்படுவது இவ்வாறுதான். காற்றின் தடையை நீக்குவதற்காக முற்றிலும் காற்று நீக்கப்

பெற்ற ஒரு தாமிரக் குழாயினுள் ரயில் பெட்டிகள் வைக்கப் படுகின்றன. அவை குழாயின் சுவர்களைத் தொடுவதில்லை, எனவே அவற்றிற்கு உராய்வே ஏற்படுவதில்லை. குழாய்க்கு மேலே வெளிப்புறத்தில் குறிப்பிட்ட இடைவெளிகளில் நெடுகிலும் வைக்கப்பட்டிருக்கும் போதிய அளவுக்குச் சக்தி வாய்ந்த மின்காந்தங்களின் கவர்ச்சியினால் இரும்புப் பெட்டிகள் ''கூரையையோ'', ''தரையையோ'' தொடாதவாறு காற்றில்லாத குழாயின் நடுவில் அனுப்பப்படுகின்றன. கீழே ஓடும் பெட்டியை மின்காந்தம் கவர்ந்து மேலே இழுக்கிறது. ஆனால் ''கூரையின்'' மீது மோதும் அளவுக்கு அது கூரையை நெருங்கும் முன்பே புவி ஈர்ப்பினால் கீழே இழுக்கப்பட்டுவிடுகிறது. ''தரையைத்'' தொடுவதற்கு முன்னரே, அடுத்த மின்காந்தத்தினால் அது மீண்டும் மேலே தூக்கப் பட்டுவிடுகிறது. இவ்வாறாக அது உராய்வோ குலுக்கல்களோ இல்லாமல் ஓர் அலைவடிவப் பாதையில் ஓடுகிறது. வானவெளியில் ஒரு கிரகம் செல்வதைப் போலவே, பெட்டிகள் இந்தக் குழாயினுள்ளிருக்கும் வெற்றிடத்தில் செல்கின்றன.

பெட்டிகள் சுமார் 2.5 மீட்டர் நீளமும் கிட்டத்தட்ட **90** சென்டிமீட்டர் உயரமும் கொண்ட சுருட்டு வடிவத்தினுள்ள உருளைகள் ஆகும். வெற்றிடத்தில் நகருவதால் அவை காற்றுப் புகாதவாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. நீர்மூழ்கிக் கப்பலில் உள்ளது போன்ற காற்றைச் சுத்திகரிக்கும் தானியங்கி அமைப்புகளும் அவற்றில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. பெட்டிகள் முற்றிலும் புதியதொரு முறையில் கிளம்புகின்றன; பீரங்கியிலிருந்து சுடப்படும் குண்டுக்குத்தான் அதை ஒப்பிட முடியும். உண்மையில் அவை பீரங்கிக் குண்டுகளைப் போலவே ''வெளியே சுடப்படுகின்றன''; ஒரே ஒரு வித்தியாசம் என்னவெனில், இதிலுள்ள ''பீரங்கி'' ஒரு மின்காந்தப் பீரங்கியாகும். தார்க்குழல் வடிவில் அமைந்த கம்பிச் சுருளின் (சாலினாயட்) வழியாக மின்னோட்டம் பாயும் போது இது இரும்பு உருளையை மிக வேகமாய் — சுருள் பெரியதாகவும் மின்னோட்டம் வலுவுள்ளதாகவும் இருக்க இருக்க, இந்த வேகமும் அதிகமாயிருக்கும் — உள்ளே இழுத்துக் கொள்ள முடிகிறது என்னும் இயல்பினை இப்பீரங்கி அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது. பெட்டிகளைக் குழாயினுள் தள்ளிவிடுவது இந்த விசையே. நாம் ஏற்கனவே கூறியது போல், குழாயினுள்

உராய்வு இல்லையாதலால், சேருமிடத்தில் சாலினோயடால் நிறுத்தப்படும்வரை, சடத்துவத்தினால் பெட்டிகள் ஒரே வேகத்தில் தொடர்ந்து ஓடுகின்றன.

இத்திட்டத்தை வகுத்தவர் தரும் சில விவரங்களைக் கீழே காணலாம்:

"1911-13இல் தோம்ஸ்க் தொழில்நுட்பவியல் கல்லூரியின் பௌதிகவியல் சோதனைக்கூடத்தில் நான் நடத்திய பரிசோதனைகளில் மேலே மின்காந்தங்களையுடைய 32 சென்டிமீட்டர் விட்டமுள்ள ஒரு தாமிரக் குழாயையும் அதனுள் நிலைத்தளத்தின்மீது நிற்கும் 10 கிலோகிராம் எடையுள்ள வண்டிப் பெட்டியையும் உபயோகித்தேன். இந்தப் பெட்டி முன்னும் பின்னும் சக்கரங்களைக் கொண்ட இரும்புக் குழாயாகும். இந்தப் பெட்டிக்கு கூம்பு மூக்கு ஒன்று இருக்கிறது. குழாய்ப் பாதையின் எதிர் முனைக்குச் சென்றதும் இம்மூக்கு மணல் மூட்டை ஒன்றின் மீது அமைந்த அட்டையினுள் குத்தி வண்டி நிறுத்தப்படுகிறது. இடம் அதிகமில்லாததனாலும், குழாயினுடைய வட்டத்தின் விட்டம் 6,5 மீட்டரே ஆதலாலும், பெட்டி மணிக்கு 6 கிலோமீட்டர் வேகத்திற்கு மேல் செல்ல முடியவில்லை. ஆயினும், புறப்படுமிடத்தில் 3 கிலோமீட்டர் நீளமுள்ள சாலினோயடுகளைக் கொண்டு மணிக்கு 800 முதல் 1,000 கிலோமீட்டர் வரை வேகத்தை எளிதில் உண்டாக்க முடியும் என்றும், தரையின் மீதோ கூரையின் மீதோ உராய்வு இல்லையாதலால், ஆற்றல் செலவு எதுவுமில்லாமலேயே அவ்வேகத்தைத் தொடர்ந்து நீடிக்கச் செய்ய முடியும் என்றும் நான் உறுதியாய்க் கூறுவேன்.

"இந்த ரயில் பாதைக்கு — முக்கியமாக, தாமிரக் குழாய்க்கு—செலவு அதிகமாகும் என்றாலும் தொடக்க வேகத்தை நீடித்து நிலவச் செய்வதற்கோ, இஞ்சின் டிரைவர்கள், கண்டக்டர்கள் முதலிய சிப்பந்திகளை வைத்துக்கொள்ளவோ செலவிட வேண்டியதில்லை. ஒரு கிலோமீட்டருக்கு ஆகும் செலவு ஒரு கோப்பெக்கில்* ஆயிரத்தில் ஒரு சில

* கோப்பெக்—செப்புக்காசு; சோவியத் கூட்டரசின் நாணயமான ரூபிளில் நூறில் ஒரு பங்கு மதிப்புள்ளது. ஒரு ரூபிள் தற்போது சுமார் எட்டு ரூபாய்க்குச் சமமானது.— **மொழிபெயர்ப்பாளர்.**

பங்குக்கு அல்லது நூற்றில் ஒரு சில பங்குக்கு மேல் இராது. தவிரவும், இரு-குழாய் ரயில் பாதை ஒன்றைக் கொண்டு, நாள்தோறும் ஒரு திசையில் 15,000 பயணிகளை அல்லது 10,000 டன் பளுவை சுமந்து செல்ல முடியும்.''

செவ்வாய்வாசிகள் புவி மனிதர்களைத் தாக்கிய கதை

இந்தியாவுக்கு அருகே எங்கோ ஓரிடத்தில் கடலினுள் நீட்டிக் கொண்டிருந்த காந்தப் பாறை மிகவும் பலமாய் எல்லா இரும்புப் பொருள்களையும் கவர்ந்திழுத்ததாய்த் தம் காலத்தில் வழக்கில் இருந்து வந்த கதை ஒன்றை பிளினி என்னும் ரோமானியப் பேரறிஞர் குறிப்பிடுகின்றார். அப் பாறையினருகே செல்ல நேரும் கப்பல் அதோ கதியாகிவிடும் என்பதாய்க் கூறப்பட்டது. பிற்காலத்தில் இது அரேபிய இரவுக் கதைகளுள் ஒன்றாய் மாறியது.

இது வெறும் கதையேயன்றி உண்மையல்ல. காந்த மலைகள் என்பவை, அதாவது அயக் காந்தக் கல் மிகுதியாயிருக்கும் மலைகள் இருப்பது மெய்தான். மாக்னித்தகோர்ஸ்க்கின் ஊது உலைகள் இருக்கும், யூரல் மலைகளிலுள்ள பிரசித்தமான காந்த மலையை உதாரணமாய்க் கூறலாம். எனினும் இந்த மலைகளின் கவர்ச்சி மிகவும் பலவீனமானது. பிளினி விவரிப்பது போன்ற பாறை எதுவும் பூமியில் ஒருபோதும் இருந்தது கிடையாது. எஃகு, இரும்புப் பகுதிகள் இல்லாமல் இன்று நாம் கப்பல்கள் கட்டுகிறோம் என்றால், காந்தப் பாறைகளால் ஆபத்து ஏற்படும் என்ற பயமல்ல இதற்குக் காரணம். புவிக் காந்தவியல் ஆராய்ச்சியை எளிதாக்கும் பொருட்டே இப்படிப்பட்ட கப்பல்களைக் கட்டுகிறோம். 1957-58இல் சர்வதேசப் புவிப் பௌதிக ஆண்டுத் திட்டத்தில் பங்கெடுத்துக் கொண்ட ''ஸாரியா'' என்னும் சோவியத் கப்பல், இரும்போ எஃகோ உபயோகிக்கப்படாமல், தாமிரம், வெண்கலம், அலுமினியம் போன்ற காந்தமில்லாத உலோகங்களைக் கொண்டே கட்டப்பட்டது.

விஞ்ஞானக் கற்பனை நாவலாசிரியரான குர்ட் லாஸ்விட்ஸ் என்பவர், இரு கிரகங்கள் என்னும் நாவலில் செவ்வாய்க் கிரகத்தைச் சேர்ந்த படையெடுப்பாளர்கள் புவி

மனிதர்களுடன் போரிடுவதற்குப் பயன்படுத்தும் ஒரு பேராயுதத்தை விவரிக்கிறார். பிளினியின் கதையில் கூறப்படும் கருத்தை அவர் இதற்கு ஆதாரமாக எடுத்துக் கொள்கிறார். நேர் நின்று சண்டை போடாமலே செவ்வாய்வாசிகள் இந்தக் காந்த அல்லது மின்காந்த ஆயுதத்தைக் கொண்டு புவி மனிதர்களை நிராயுதபாணிகளாக்கிப் பலமிழக்கச் செய்து விடுகிறார்கள். இதோ அந்தப் ''போரை'' விவரிக்கும் பகுதி:

''குதிரைப் படையினரின் பளபளக்கும் அணி வரிசை தாவி முன்னேறிக் கொண்டிருந்தது. அவர்களது நெஞ்சுஉறுதி, எதிர்க்க முடியாத எதிரிகளை (செவ்வாய்வாசிகளை — **யா. பெரெல்மான்**) இறுதியில் பின்வாங்கும் படி கட்டாயப்படுத்திவிட்டதாகவே தோன்றிற்று. எதிரிகளின் ஆகாயக் கப்பல்களிடையே ஒரு புதிய கலவரம் ஏற்பட்டது. தோல்வியை ஏற்றுக் கொண்டுவிட்டது போல் அவை மேலே எழுந்தன.

''ஆயினும், அதே சமயத்தில் களத்திற்கு மேலே அப்போதுதான் தோன்றிய கறுப்புப் படலம் ஒன்று கீழே இறங்கியது. எல்லாப் பக்கங்களிலும் ஆகாயக் கப்பல்களினால் சூழ்ந்திருந்த அது ஒரு மேஜை விரிப்பு போல ஆகாயத்தில் விரிந்தது. குதிரைப் படையின் முதல் வரிசை விசித்திரமான அப்பொறியின் கீழே வந்தவுடன் அது அசுர வேகத்தில் செயல்பட்டது. காது செவிடுபடும்படியான பயங்கர ஒலங்கள் காற்றைப் பிளந்தன. குதிரைகளும் அவற்றின் மீதிருந்தவர்களும் கீழே விழுந்தனர். இதற்கிடையில், படபடத்துத் தட்டி மோதிக் கொண்ட ஈட்டிகள், வாட்கள், கைத்துப்பாக்கிகள் முதலானவை பெருங் குவியல்களாய் மேகத்திரள்கள் போல் சுழன்றெழும்பி, அவ்விசித்திரமான பொறியுடன் ஒட்டிக் கொண்டன.

''பிறகு, அப்பொறி சற்றே திசைமாறி, தான் சேகரித்த இரும்புச் சாமான்களை எல்லாம் தரையின் மீது போட்டது. போர்க் களத்திலிருந்த ஆயுதங்கள் முழுவதையும் திரட்டுவதற்காக இருமுறை அது திரும்பி வந்தது. ஒரு குதிரை வீரனால்கூட வாளையோ ஈட்டியையோ பிடித்திருக்க முடியவில்லை.

''அந்தப் பொறி செவ்வாய்வாசிகளது ஒரு புதிய கண்டுபிடிப்பாகும். இரும்பு அல்லது எஃகுக் கருவி ஒவ்வொன்றையும் தடுக்க முடியாத சக்தியுடன் அது கவர்ந்திழுத்தது. எதிரிகளுக்குத் தீங்கு ஏதும் இல்லாமலேயே, அவர்களது ஆயுதங்களைப் பிடுங்குவதற்காகச் செவ்வாய்

வாசிகள் தமது இந்தப் பறக்கும் காந்தத்தை உபயோகித்தனர்.

''அந்த ஆகாயக் காந்தம் காலாட்படையினரின் வரிசைகளை நோக்கி மிதந்து சென்றது. வீரர்கள் தங்களது துப்பாக்கிகளைக் கெட்டியாகப் பிடித்துக் கொள்ள எவ்வளவோ முயன்றும் பயனில்லை. ஏதோவொரு வெல்ல முடியாத சக்தி அவர்களுடைய கைகளிலிருந்த துப்பாக்கிகளைப் பிடுங்கிச் சென்றது. அவற்றை விடாமல் பிடித்துக் கொண்டிருந்த பலர் அப்படியே காற்றில் தூக்கப்பட்டனர். முதற் பிரிவினர் ஒரு சில நிமிடங்களிலேயே நிராயுதபாணியாக்கப்பட்டனர். பின்னர், நகரத்திற்குச் சென்று கொண்டிருந்த பிரிவினரையும் இதே மாதிரி செய்வதற்காக அது துரத்திச் சென்றது.

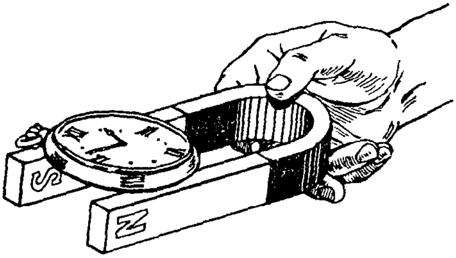
''பீரங்கிப் படையையும் அது விட்டுவிடவில்லை.''

கடிகாரங்களும் காந்தவியலும்

''காந்தக் கவர்ச்சி புக முடியாத ஒரு தடுக்கைக் கண்டுபிடிக்க முடியாதா?'' என்ற கேள்வி இயல்பாகவே உங்கள் மனதில் எழும். இது முற்றிலும் சாத்தியமானதேயாகும். தக்க முன்னெச்சரிக்கைகள் மேற்கொள்ளப்பட்டிருந்தால், செவ்வாய்வாசிகளின் புதிய கண்டுபிடிப்பை எதிர்த்திருக்க முடியும்.

இதில் வேடிக்கை என்னவென்றால், காந்த விசைகள் புக முடியாத பொருள், எளிதில் காந்தமாக்கப்படக்கூடிய அதே இரும்புதான். ஓர் இரும்பு வளையத்தின் உள்ளே இருக்கும் திசைகாட்டியின் முள் வளையத்திற்கு வெளியேயிருக்கும் காந்தத்தினால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. பைக் கடிகாரத்தின் எஃகு இயந்திர அமைப்பை இரும்புக் கூடு ஒன்று காந்தக் கவர்ச்சியிலிருந்து பாதுகாக்கும். சக்தி வாய்ந்த குதிரை-லாடக் காந்தத்தின் துருவங்களின்மீது ஒரு தங்கக் கடிகாரத்தை வைத்தால், அதன் எஃகுப் பகுதிகளும், முதலாவதாக அதன் நுட்பமான மயிரிழைச் சுருள்வில்லும் காந்தமாக்கப்பட்டுவிடும். ஆகவே கடிகாரம் சரியான நேரத்தைக் காண்பிக்காது. (மயிரிழைச் சுருள்வில் இன்வார் என்னும் கலப்பு உலோகத்தினால் செய்யப்பட்டதாயிருந்தால், அதில் இரும்பு, நிக்கல் இரண்டும் இருந்தாலும், அது காந்தமாவதில்லை.) காந்தத்தை அகற்றிவிட்டாலும்கூட, கடிகாரத்திற்கு ஏற்பட்ட

பழுதைத் திருத்திச் சரி செய்ய முடியாது; எஃகினாலான இயந்திரப் பகுதிகள் காந்தமாகவே இருக்குமாதலால், கடிகாரத்தைப் பிரித்துச் சரிசெய்து அமைக்க வேண்டியிருக்கும். ஆகவே,



படம் 96. கைக் கடிகாரத்தின் எஃகு இயந்திரப் பகுதிகள் காந்தமாகி விடாதவாறு பாதுகாப்பது எது?

தங்கக் கடிகாரத்தை வைத்து இவ்வாறு பரிசோதனை செய்யக் கூடாது. செய்தால் நஷ்டமே ஏற்படும்.

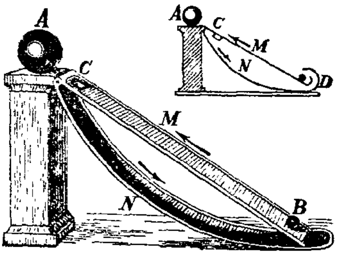
எனினும், இயந்திரப் பகுதிகள் எஃகு அல்லது இரும்புக் கூடு ஒன்றினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும் கடிகாரத்தைக் கொண்டு இப்பரிசோதனையைத் துணிவுடன் செய்ய முடியும்; ஏனெனில் இவ்விரு உலோகங்களினூடாகவும் காந்த விசைகள் செல்வதில்லை. சக்தி வாய்ந்த மின்னூக்கியின் கம்பிச் சுருளுக்கு அருகில் அதை வைத்தாலும், கடிகாரம் முன் போலவே தொடர்ந்து ஒழுங்காய் வேலை செய்து கொண்டிருக்கும். இரும்புக் கூட்டுடன் கூடிய இம்மலிவான கடிகாரங்கள் மின்சார இஞ்சினியர்களுக்கும் மின்தொழிலாளர்களுக்கும் மிகவும் ஏற்றவை.

காந்தவியல் ''நிரந்தர இயக்க'' இயந்திரம்

''நிரந்தர இயக்க'' இயந்திரங்களை அமைக்கும் முயற்சிகளில் காந்தமும் அதன் இயல்புகளும் எடுத்துக் கொண்டுள்ள பங்கு சொற்பமானதல்ல. அபாக்கியவாதிகளான இந்த ''நிரந்தர இயக்க'' இயந்திர அமைப்பாளர்கள் காந்தத்தைப் பயன்படுத்தி வெற்றி காணலாமென்று பகீரதப்பிரயத்தனம்

செய்துள்ளனர். பின்வருவது இப்படிப்பட்ட திட்டங்களில் ஒன்ருகும் (17ஆவது நூற்ருண்டில் செஸ்டர் பிஷப்பான ஜான் வில்கின்ஸ் என்பவரால் விவரிக்கப்பட்டது).

A என்னும் சக்தி வாய்ந்த காந்தம் ஒரு தூணின்மீது வைக்கப்பட்டிருக்கிறது (படம் 97). அதன் மீது ஒன்றன் மேல் ஒன்ருக M,N என்னும் சாய்வான இரு காடிகள் சார்த்தி வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. மேல் காடியான M இன் உச்சியில் C என்னும் ஒரு சிறிய துளை உள்ளது; கீழ்க் காடி N வளைவாயிருக்கிறது. இதைக் கண்டுபிடித்தவர் பின்வருமாறு இது இயங்கும் என்று எண்ணிஞர். மேல் காடியில் B என்னும் சிறிய இரும்புக் குண்டு ஒன்றை வைத்தால், A என்னும் காந்தத்திஞல் அது கவரப்பட்டு, மேல்நோக்கி உருள வேண்டும். இந்தக் குண்டு துளையை அடைந்தவுடன் அதன் வழியாக N என்னும் கீழ்க் காடியின் மீது விழுந்து, கீழ்நோக்கி உருள வேண்டும். ஆஞல், சடத்துவம் காரணமாக D வளைவு வழியாக அது மேலே எடுத்துச் செல்லப்பட்டு, மேல் காடியான Mஐ மறுபடியும் அடைந்து, அங்கிருந்து மீண்டும் காந்தத்திஞல் கவரப்பட்டு மேலே உருண்டு சென்று, உச்சியிலுள்ள துளை வழியாகக் கீழே விழுந்து, கீழ்நோக்கி உருண்டு, திரும்பவும் மேல் காடியை அடைய வேண்டும். இவ்வாறு முடிவின்றி நடந்துகொண்டே இருக்க வேண்டும். இது ''நிரந்தர இயக்கத்தை'' உண்டாக்கும் என்று இதைக் கண்டுபிடித்தவர் நினைத்தார்.



படம் 97. போலி ''நிரந்தர இயக்க'' இயந்திரம்.

ஆஞல், கண்டுபிடித்தவர் நினைத்ததில் உள்ள தவறு என்ன? எளிதில் இந்தத் தவறு புலப்பட்டுவிடுகிறது. N என்னும் காடியின் வழியாகக்கீழே உருண்டு வந்த பிறகு, D வளைவைத் தாண்டி ஏறுவதற்குப் போதுமான உந்தம் அச்சிறிய குண்டுக்கு இருக்கும் என்று அவர் ஏன் நினைத்தார்? அது புவியின் ஈர்ப்புக்கு மட்டுமே உள்ளாகியிருந்தால் இது நிகழும். ஆஞல், B நிலையிலிருந்து C நிலைக்குக் குண்டை உயர ஏறும்

படிச் செய்யும் அளவிற்கு வலுவுள்ளதான இரண்டாவது சக்தி ஒன்றும், அதாவது , காந்தக் கவர்ச்சியும் இருக்கின்றது. எனவே, நமது சிறிய குண்டு N காடி வழியாகக் கீழே செல்லும்போது வளர்வேகம் பெறுது. மாருக அது மெல்லவே கீழ்நோக்கி உருளும்; அடிப்பகுதியை அடைந்தாலும் கூட வளைவைத் தாண்டி மேலே செல்லுவதற்குப் போதிய உந்தம் அதற்கு இருக்காது.

இத்திட்டத்தின் திருத்தப்பட்ட பல அமைப்புகள் வெளியிடப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் ஒன்றுக்கு பேடன்ட் உரிமைகூட வழங்கப் பெற்றது. ஆற்றலின் அழிவின்மை விதி எடுத்துக் கூறப்பட்டு முப்பது ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு, 1878இல் ஜெர்மனியில் இது நிகழ்ந்தது. இயற்கை விதிகளுக்கு மாருன கோட்பாடுகளை அடிப்படையாகக் கொண்ட புத்தமைப்புகளுக்குச் சட்டப்படி பேடன்ட் வழங்கப்படுவதில்லை எனினும், இதைக் கண்டுபிடித்தவர் மிகவும் சாமர்த்தியமாகத் தமது காந்தவியல் ''நிரந்தர இயக்க'' இயந்திரத்தின் அடிப்படையான அபத்தக் கோட்பாட்டை மறைத்து, பேடன்ட் அதிகாரிகளை ஏமாற்றிவிட்டார். ஆனுல் இவ்விதம் பேடன்ட் உரிமை பெற்றவர் விரைவிலேயே உண்மையை உணர்ந்திருக்க வேண்டும்; ஏனெனில் இரண்டு ஆண்டுகளுக்குள்ளாகவே பேடன்ட் கட்டணம் கட்டுவதை அவர் நிறுத்திவிட்டார். ஆகவே எவரும் இனி இந்தக் ''கண்டுபிடிப்பைத்'' தடையின்றி எடுத்தாளலாம். ஆனுல் யாருக்கும் இது தேவைப்படுமென நான் நினைக்கவில்லை.

பொருட்காட்சிசாலைப் பிரச்சினை

பொருட்காட்சிசாலை நிபுணர்கள் பண்டை ஏட்டுச் சுவடிகளைப் படித்தறிய வேண்டியிருக்கிறது. ஏடுகள் மக்கிப் போயிருப்பதால் அவற்றை எவ்வளவுதான் கவனமாய்ப் பிரித்தாலும் அவை கிழிந்துவிடுகின்றன. கிழிந்துவிடாமல் ஏடுகளை எப்படிப் பிரிப்பது என்பதுதான் பிரச்சினை.

சோவியத் விஞ்ஞானப் பேரவையின் கீழுள்ள ஏட்டுக் கப்பு ஆய்வகம் இது போன்ற பிரச்சினைகளுக்குத் தீர்வு காண்கிறது. மின்சாரத்தின் ஓர் இயல்பு இங்கு பயன்படுத்தப்பட்

டது. ஏடுகளுக்கு மின்சுமை ஏற்றப்பட்டது. பக்கங்கள் ஒரே துருவ மின்சுமையைப் பெற்றதால், ஓரின மின்சுமைகள் ஒன்றை ஒன்று எதிர்க்குமாதலால் ஏடுகள் கிழியாமல் நேர்த்தியாகப் பிரிந்தன. பின்னர் பக்கங்களைத் தனித் தனியே எடுத்து ஒட்டவைப்பது எளிதாகிவிட்டது.

மற்றுமொரு போலி "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரம்

"நிரந்தர இயக்கப்" பிரச்சினையைத் தீர்க்க விரும்புவோரிடையே, மின்னாக்கி ஒன்றை ஒரு மின்மோட்டாருடன் இணைக்கும் கருத்து அண்மையில் பிரபலமாகியுள்ளது. ஒவ்வோர் ஆண்டும் இவ்வாறான சுமார் ஆறு திட்டங்கள் குறித்து என்னிடம் ஆலோசனை கேட்கப்படுகிறது. இவை யாவற்றின் அடிப்படைக் கருத்து என்னவென்றால், மின்மோட்டாரின் இணைப்புப் பட்டையை மின்னாக்கியுடன் இணைத்து, மின்னாக்கியிருந்து மோட்டாருக்கு மின்னிணைப்புச் செய்து விடுவது தான். அதாவது, தொடக்கத்தில் மின்னாக்கியை இயக்கிவிட்டு விட்டால், அது உண்டாக்கும் மின்சாரம் மோட்டாரை இயக்கி, அவ்வாறு இயங்கும் மோட்டார் மின்னாக்கியை இயக்கும் என்பதுதான். எனவே, இதைக் கண்டுபிடித்தவர்களின் கருத்துப்படி, இவ்விரு இயந்திரங்களும் (அவை தேய்ந்து போகும் வரை) நிற்காமல் ஒன்றை ஒன்று இயக்கிக் கொண்டிருக்கும்.

இது மிகவும் கவர்ச்சிகரமானதாகவே தோன்றுகிறது, இல்லையா? ஆனால், அதைச் செய்ய முயன்றவர்கள் அனைவரும் அது வேலை செய்யாததைக் கண்டு வியப்புற்றனர்—உண்மையில் இதில் வியப்புற ஒன்றுமில்லை. இரண்டு இயந்திரங்களின் பயனுறுதிறனும் நூறு சதவீதமாக இருந்தாலும்கூட, உராய்வு என்பதே இல்லாமற் போனால்தான், அவை முடிவில்லாது இயங்க முடியும். இயந்திரங்களின் இந்த இணைப்பு உண்மையில் தானாகவே இயங்க வேண்டிய ஒரே இயந்திரமே ஆகும். உராய்வு இல்லை என்றால், மற்ற எதையும் போலவே, இதுவும் முடிவில்லாது இயங்கிக் கொண்டேயிருக்கும். ஆனால் அப்போதும்கூட அதிலிருந்து ஒரு பயனையும் அடைய முடியாது; ஏனெனில் அதை ஏதாவதொரு வேலை செய்ய வைக்க

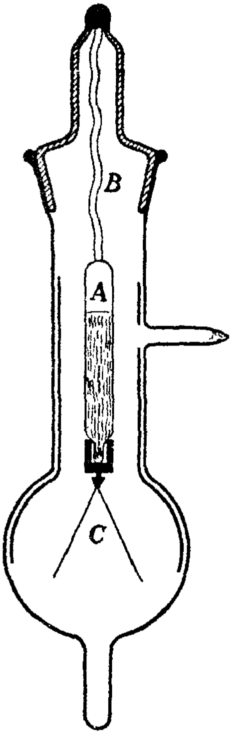
நாம் முயன்றதும் உடனே அது நின்றுவிடுகிறது. இத்தகைய அமைப்பிலிருந்து ''நிரந்தர இயக்கம்'' கிடைக்குமே அல்லாது ''நிரந்தர இயக்க'' இயந்திரம் கிடைக்காது. மேலே கூறப்பட்டவை அனைத்தும்—உராய்வு இல்லை என்றால்தான் பொருந்தும். உராய்வு என்பது இருந்தே தீருவதால் இந்த இயந்திரம் இயங்கவே இயங்காது.

இந்த ''நிரந்தர இயக்கக்'' கிறுக்கர்கள், இரண்டு கப்பிகளை ஒரு நாடாவினால் இணைத்து, அவற்றுள் ஒன்றைச் சுழற்றி விட்டு இரண்டையும் நிற்காமல் சுற்றச் செய்யலாமென ஏன் திட்டமிடுவதில்லை என்று நான் வியப்பதுண்டு. மேலே குறிப்பிட்ட இணைப்பு இயங்குவதை ''ருசுப்படுத்துவதற்குக்'' கையாளப்பட்ட வாதத்தின்படி பார்த்தால், முதலாவது கப்பி இரண்டாவதையும் இரண்டாவது கப்பி முதலாவதையும் இயக்க வேண்டும் என்று நாம் எதிர்பார்க்கத்தானே வேண்டும்? ஏன், இரண்டாவது கப்பிகூட அவசியமில்லை. ஒரே கப்பியையே அதன் வலது பாதி இடது பாதியையும், அங்ஙனமே இடது பாதி வலது பாதியையும் சுழலச் செய்யும்படி சுழற்றிவிட்டால் போதாதா? இது முட்டாள்தனம் என்பது தெளிவு. ''நிரந்தர இயக்க இயந்திரம்'' அமைக்க விரும்புகிறவருடைய எண்ணமும் இதைப் போன்றதே ஆயினும், அவரும்கூட இது அபத்தம் என்பதைக் கண்டு கொண்டுவிடுவார்.

''ஏறத்தாழ நிரந்தர இயக்கம்'' கொண்ட இயந்திரம்

''ஏறத்தாழ நிரந்தரமான இயக்கம்'' என்னும் கருத்து கணித நிபுணர்களுக்குக் கவர்ச்சியாய் இருக்காது என்று நினைக்கிறேன். ஒன்று நிரந்தர இயக்கமாய் இருக்க வேண்டும், அல்லது நிரந்தரமல்லாத இயக்கமாய் இருக்க வேண்டும் என்றுதான் அவர்கள் சொல்வார்கள். ''ஏறத்தாழ நிரந்தமான இயக்கம்'' என்பது உண்மையில் நிரந்தர இயக்கமே அல்ல. ஆனால், நடைமுறை நோக்கில் இதை வேறு விதமாகக் கருத முடியும். குறைந்தபட்சம் ஆயிரம் ஆண்டுகளுக்காவது ஓடக் கூடிய ''ஏறத்தாழ நிரந்தர இயக்கம்'' கொண்ட இயந்திரம் ஒன்றுடனேயே பலர் திருப்தியடைவார்கள் என்று

எண்ணுகிறேன். மனிதனின் ஆயுட்காலம் மிகவும் குறுகியது; எனவே ஆயிரம் ஆண்டுகள் என்பதை முடிவில்லாக் காலம் என்றே நாம் கருதுவோம். அத்தகைய ஓர் இயந்திரத்தைச் செய்ய முடிந்துவிட்டால், ''நிரந்தர இயக்க'' இந்திரப் பிரச்சினை தீர்க்கப்பட்டுவிட்டதாகவே காரிய நோக்குள்ள மக்கள் எண்ணுவர் என்று நினைக்கிறேன்.



படம் 98. 1,600 ஆண்டுகளுக்கு, ''கிட்டத்தட்ட நிரந்தரமாய்'' ஓடக் கூடிய ரேடியம் கடிகாரம்.

அதைச் செய்வது சாத்தியமே; ஆயிரம் ஆண்டுகள் இயங்கும் இயந்திரம் ஒன்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. விலையைக் கொடுப்பதற்கு விருப்பம் மட்டுமிருந்தால், ஒவ்வொருவரும் இந்த இயந்திரம் ஒன்றை வைத்துக் கொள்ள முடியும். இதற்கு பேடண்ட் உரிமை எதுவும் வாங்கப்படவில்லை; இது இரகசியமுமில்லை. ''ரேடியம் கடிகாரம்'' என்று சாதாரணமாக அழைக்கப்படும் இது பேராசிரியர் ஸ்திரேட் என்பவரால் 1903இல் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதன் அமைப்பு மிகவும் எளிமையானது (படம் 98). காற்று நீக்கப் பெற்றுக் காற்று புக முடியாதபடி மூடப்பட்ட கண்ணாடிக் கலம் ஒன்றில் B என்னும் குவார்ட்ஸ் படிக இழையினால் (குவார்ட்ஸ் மின்சாரத்தைக் கடத்துவதில்லை) தொங்கவிடப்பட்டுள்ள, ஒரு கிராமில் ஆயிரத்தில் சில பங்கு ரேடியம் உப்பு கொண்ட A என்னும் சிறிய கண்ணாடிக் குழாயினாலாகியது அது. குழாயின் ஒரு நுனியில், மின்காட்டியில் இருப்பதைப் போல், குறுகிய பொன்னிலைப் பட்டைகள் இரண்டு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ரேடியம் —ஆல்பாக் கதிர்கள், பீட்டாக் கதிர்கள், காமாக் கதிர்கள் என்னும்—மூன்று வகைக் கதிர்களை* வெளிவிடு

* நிலையில்லாத அணுமையங்களையுடைய ரேடியம் போன்ற சில தனிமங்கள் தாமாகவே சிதைந்து அழிவுறு

கிறது என்பது நீங்கள் அறிந்ததே. நமது ரேடியம் கடிகாரத்தில் வேலை செய்வது, கண்ணாடியினூடே எளிதில் ஊடுருவிச் செல்லக் கூடியவையும், எதிர் மின்சுமைத் துகள்கள் அல்லது எலக்ட்ரான்கள் அருவியினாலானதுமான பீட்டாக் கதிர்கள் தாம். சிதறுண்டு கிடக்கும் எலக்ட்ரான்கள் குழாயினுள் இருக்கும் ரேடியத்திற்கு நேர் மின்சுமையைப் படிப்படியாக அளிக்கின்றன; அதேசமயம் எதிர் மின்சுமையை எடுத்துச் சென்றுவிடுகின்றன. பின்னர், இந்த நேர் மின்சுமை பொன்னிலைப் பட்டைகளுக்கு மாற்றப்படுகிறது; பொன்னிலைகள் இரண்டும் ஒரேவகை (நேர்) மின்சுமையைப் பெறுவதால் பரஸ்பர எதிர்ப்பு காரணமாக விரிந்து, கலத்தின் சுவரைத் தொடுகின்றன; உடனே சுவரின் மீதிருக்கும் மின் கடத்தும் வெள்ளீய மென் தகடுகளினிடம் மின்சுமையை வழங்கிவிட்டு, மீண்டும் அவை ஒரு சேரக் குவிந்து கொள்கின்றன. இம்மாதிரி மீண்டும் மீண்டும் எலக்ட்ரான்களிடமிருந்து நேர் மின்சுமைப் புதிதாய்க் கிடைப்பதால், இந்நிகழ்ச்சி மீண்டும் மீண்டும்—ஓர் ஊசலின் ஒழுங்குடன்—இரண்டு அல்லது மூன்று நிமிஷங்களுக்கு ஒரு முறை நிகழ்கிறது. இதன் பெயருக்குக் காரணம் இதுவேயாகும். இது பல ஆண்டுகள் வரை, நூற்றாண்டுகள்வரை, ரேடியம் முழுவதும் அழிந்து போகும் வரை தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. இது ஒரு ''நிரந்தர இயக்க'' இயந்திரம் அல்ல; ஓர் ''இலவச இயக்க'' இயந்திரம்தான்.

ரேடியம் எவ்வளவு காலத்திற்குக் கதிர்களை வெளியிடுகிறது? ரேடியத்தின் அரை ஆயுள்* 1,600 ஆண்டுகள் என்று

வது கதிரியக்கம் எனப்படுகிறது. கதிரியக்கத்தின்போது மூவகைக் கதிர்வீச்சுகள் வெளிப்படுகின்றன.

ஆல்பாக் கதிர்கள், இரண்டு புரோட்டான்களினாலும் இரண்டு நியூட்ரான்களினாலுமான, அதாவது நேர் மின்சுமையுள்ள அணு மையங்களினாலான துகள்களைக் கொண்டவை. பீட்டாக் கதிர்கள், எதிர் மின்சுமையுள்ள எலக்ட்ரான்களினாலானவை. காமாக் கதிர்கள் மிகக் குறுகிய அலைநீளமுள்ள, மின்காந்தக் கதிர்வீச்சுகள்.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

* கதிரியக்கப் பொருள் ஒன்று தனது தொடக்கச் செயல்திறன் பாதியளவாகும்வரை அழிவுறுதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் அதன் அரை ஆயுள் எனப்படுகிறது.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

விஞ்ஞானிகள் கண்டுபிடித்துள்ளனர். ஆகவே ரேடியம் கடிகாரம் குறைந்தபட்சம் ஆயிரம் ஆண்டுகளுக்காவது நிற்காமல் இயங்கக் கூடியது. மின்சுமை குறைவதனுல் அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணின் மதிப்புதான் குறையும். ருஷ்யா சுதந்திர அரசாய் உதித்தபோது, இத்தகைய ரேடியம் கடிகாரம் ஒன்றைத் துவக்கியிருந்தால், அது இன்றும் ஓடிக் கொண்டேயிருக்கும்!

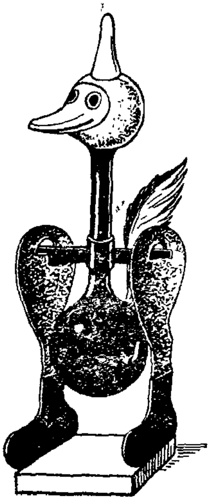
இந்த ''இலவச இயக்க'' இயந்திரத்தை ஏதாவது வேலைக்குப் பயன்படுத்த முடியுமா? துரதிர்ஷ்டவசமாக, முடியாது. அதன் திறன், அல்லது ஒவ்வொரு விஞடியிலும் அது செய்யும் வேலையின் அளவு மிகவும் குறைவானதால், இயந்திர அமைப்பு எதையும் அதனுல் இயங்கச்செய்ய முடியாது. கணிசமான பலனை அடைவதற்கு மிகவும் அதிக அளவு ரேடியம் நமக்குத் தேவைப்படும். ரேடியம் மிக அரிய, விலை உயர்ந்த தனிமமாதலால், இத்தகைய ''இலவச இயக்க'' இயந்திரத்துக்கு ஆகும் செலவு மிகப் பெரிதாய் இருக்கும்.

அணுவின் உட்கருவில் ஏராளமான ஆற்றல் மூலங்கள் செயலற்றுக் கிடக்கின்றன. முடிவில்லாத இவ்வாற்றல் மூலங்கள் இப்பொழுது நமக்கு ஆக்கப் பணி புரியத் தொடங்கி விட்டன.

தீராத தாகம் கொண்ட குஞ்சு

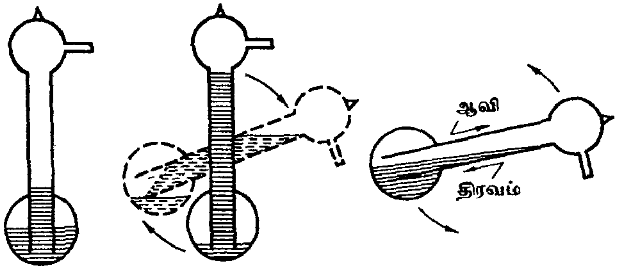
காண்போர் வியந்து மகிழத்தக்க சீனப் பொம்மை ஒன்று உண்டு. ''தீராத தாகம் கொண்ட குஞ்சு'' என்பார்கள் இதை. தண்ணீர்க் கிண்ணத்தின் முன் இதை வைத்ததும் இது குனிந்து தன் அலகைத் தண்ணீருக்குள் விடுகிறது. ''குடித்துவிட்டு'' மீண்டும் நிமிர்ந்து நிற்கிறது. சற்று நேரத்துக்கெல்லாம் மீண்டும் குனிந்து அலகை நீருக்குள் விட்டுக் ''குடித்துவிட்டு'' திரும்பவும் நிமிருகிறது. ''இலவச இயக்க'' இயந்திரத்துக்கு எடுத்துக்காட்டாய்த் திகழும் இது மிகவும் நூதனமான ஒரு கோட்பாட்டை அடிப்படையாய்க் கொண்டதாகும். படம் 99ஐப் பாருங்கள். உச்சியில் தலை வடிவிலுள்ள ஒரு சிறு கோளத்தைக் கொண்ட கண்ணுடிக் குழாய்தான் இந்தக் குஞ்சின் உடல். இந்தக் குழாயின் அடி நுனி காற்று புக முடியாதபடி மூடப்பட்ட சற்று

பெரியதான ஒரு கண்ணாடிக் கலத்தினுள் சொருகப்பட்டிருக்கிறது. குழாயின் திறந்த அடி நுனியின் மட்டத்துக்குச் சற்று உயரமாய் இந்தக் கலத்தினுள் ஈதர் திரவம் நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது.



படம் 99. தீராத தாகம் கொண்ட குஞ்சு.

குஞ்சைக் குனிந்து தண்ணீர் குடிக்கச் செய்வதற்கு நீரைத் தொட்டு அதன் அலகில் வைத்தால் போதும். ஈதர் இருக்கும் அடிக் கலம் குஞ்சின் தலையைவிட கனமானதாய் இருப்பதால் குஞ்சு சாதாரணமாய் நிமிர்ந்தே இருக்கும். ஆனால் அதன் அலகை ஈரமாக்கியதும் சிறிது நேரத்துக்கெல்லாம் அடிக் கலத்திலிருந்து குழாயினுள் ஈதர் ஏறுவதைக் காண்கிறோம் (படம் 100). முடிவில் தலையானது அடிக் கலத்தைவிடக் கனமாகிவிடுகிறது. உடனே குஞ்சு குனிந்து கிண்ணத்தில் உள்ள நீரில் அலகை விடுகிறது. குஞ்சு இவ்விதம் கிடைமட்ட நிலைக்கு வருகையில் குழாயின் திறந்த அடி நுனி அடிக் கலத்திலுள்ள ஈதரின் மட்டத்துக்கு மேலே வந்துவிடுவதால் குழாயிலுள்ள ஈதர் அடிக் கலத்துக்குத் திரும்பி ஓடிவிடுகிறது. இதனால் குஞ்சு அதன் துவக்க நிலையான செங்குத்து நிலைக்கு நிமிர்ந்துவிடுகிறது. ஈதர் குழாயினுள்



படம் 100. குனிந்து குனிந்து நிமிரும் குஞ்சின் இரகசியம்.

ஏறி இறங்குவதற்கு ஏற்ப குஞ்சின் ஈர்ப்பு மையமும் இடம் பெயருகிறது. இதுவே இந்தப் பொம்மையின் இயக்கத்துக்குரிய காரணம்.

ஆனால் ஈதரைக் குழாயினுள் ஏறச் செய்வது எது? அறை வெப்பநிலையில் ஈதர் எளிதில் ஆவியாகக் கூடியது, பூரித ஈதர் ஆவியின் அழுத்தம் வெப்பநிலைக்கு ஏற்ப வெகுவாய் மாறுகிறது.

குஞ்சு நிமிர்ந்து செங்குத்து நிலையில் இருக்கையில் தெளிவாய் வேறுபடுத்தக் கூடிய இரு ஆவி மண்டலங்கள் இருக்கின்றன. ஒன்று: தலைக் கோளம். இரண்டு: அடிக் கலம்.

குஞ்சின் தலைக் கோளம் சுற்றுப்புற வெப்பநிலையைவிட தனது வெப்பநிலையைக் குறைத்துக் கொள்ளும் இயல்பு கொண்டதாகும். நுண்துளைகளையுடைய பொருளால் இத்தலையின் மேல் பரப்பு தயாரிக்கப்பட்டிருந்தால் எளிதில் அது ஈரத்தை கிரகித்து வெகுவாய் இந்த ஈரத்தை ஆவியாக்கி வெப்பநிலையைக் குறைத்துக் கொள்ளும். ஆவியாதல் தீவிரமாகும்போது வெப்பநில குறையுமென்பதை ஏழாம் அத்தியாயத்தில் கூறியிருக்கிறேன். அடிக் கலத்தின் வெப்பநிலையைவிட தலைக் கோளத்தின் வெப்பநிலை குறைவதால், தலைக் கோளத்திலுள்ள பூரித ஆவியின் அழுத்தம் குறைந்து, அடிக் கலத்து ஆவியின் கூடுதல் அழுத்தத்தால் குழாயினுள் ஈதர் உயரத் தள்ளப்படுகிறது. இதனால் ஈர்ப்பு மையம் இடம் பெயர்ந்து குஞ்சு கிடைமட்ட நிலைக்குக் குனிகிறது. உடனே ஒன்றையொன்று சார்ந்திராத இருவேறு நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன. முதலாவதாக, குஞ்சு தன் அலகை நீரில் நனைத்து தனது பஞ்சாலான தலை உறையை ஈரமாக்கிக் கொள்கிறது. இரண்டாவதாக, தலைக் கோளத்திலுள்ள பூரித ஆவி அடிக் கலத்திலுள்ள ஆவியுடன் கலக்கிறது. அழுத்தம் சமமாகிறது (சுற்றுப்புறக் காற்றின் வெப்பத்தால் ஆவியின் வெப்பநிலை சிறிதளவு உயருகிறது). ஈர்ப்பின் விளைவாய் ஈதர் அடிக் கலத்துக்குத் திரும்பிப் பாய்ந்து குஞ்சை செங்குத்து நிலைக்கு நிமிரும்படிச் செய்கிறது.

தலை ஈரமாய் இருந்து சுற்றுப்புறக் காற்றின் ஈரப்பதமும் மிக அதிகமாய் இல்லாமலிருக்கும் வரை குஞ்சின் ''தலையாட்டம்'' தொடர்ந்து நடைபெறும். இவ்விரு நிலைமைகளும் ஆவியாதல் முறையாய் நடைபெறச் செய்து, இதன் விளை

வாய் தலைக் கோளத்தில் வெப்பநிலையைக் குறைக்கின்றன. இவ்வாறு சுற்றுப்புறக் காற்றின் வெப்பம் குஞ்சுக்குள் சென்று எந்நேரமும் அதைத் தலையாட்டும்படிச் செய்கிறது.

பூமியின் வயது என்ன?

கதிரியக்கத் தனிமங்களின் அழிவை ஆளும் விதிகளை ஆய்ந்தறிந்ததால் விஞ்ஞானிகளுக்குப் பூமியின் வயதைக் கணக்கிட நம்பகமான ஒரு வழி கிடைத்திருக்கிறது.

கதிரியக்க அழிவு என்றால் என்ன? வெளிக் காரணங்கள் எவற்றினாலும் தூண்டப்படாது, ஓர் அணுத் தொகுதி பிறிதோர் அணுத் தொகுதியாக ''சுயமாக மாறுதல்'' என்பது தான் அது. வெப்பநிலை, அழுத்தம் போன்றவற்றில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் முதலானவை இதன் ''வேகத்தைச்'' சிறிதளவு கூடப் பாதிப்பதில்லை என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. (கோடிக் கணக்கான டிகிரியுள்ள வெப்பநிலையினால்தான் ஏதாவது பாதிப்பு உண்டாக்க முடியும்.) சில தாதுக்களிலுள்ள யுரேனியம், தோரியம், ஆக்டினியம் போன்ற தனிமங்கள் கதிரியக்கத் தனிம வரிசைகள் பலவற்றையும் உண்டாக்க வல்லவை. ஒவ்வொரு வரிசையும் தனிம மாற்றத்தில்* ஈடுபடும் கதிரியக்கத் தனிமங்களின் ஒரு தொடராகும். இம்மூன்று தனிமங்களிலும் இத்தனிம மாற்றங்களின் இறுதிப் பொருள் காரீயம். ஆனால், ஒவ்வொன்றிலும் உண்டாகும் காரீயத்தின் அணு எடை** சாதாரணக் காரீயத்தின் அணு எடையிலிருந்து வேறுபடுகிறது. சாதாரணக் காரீயத்தின் அணு ஹைட்ரஜன் அணுவைவிடச் சுமார் 207 மடங்கு கனமானது; ஆனால்,

---

* ஒரு தனிமத்தின் அணுக்களது அணுமைய அமைப்பையே மாற்றி, அத்தனிமத்தை வேறு ஒரு தனிமமாக மாற்றுவது. யுரேனியம், ரேடியம் போன்ற தனிமங்கள் இயற்கையாகவே தனிம மாற்றத்தில் ஈடுபடுகின்றன. செயற்கை முறையிலும் இப்போது தனிம மாற்றம் செய்ய முடியும்.—**மொழிபெயர்ப்பாளர்.**

** ஆக்ஸிஜன் அணுவின் எடையைத் திட்டமாக 16 என்று வைத்துக் கொண்டுள்ள அளவில் கூறப்படும் ஒரு தனிமத்தின் அணுவின் எடை ''அணு எடை'' எனப்படுகிறது.—**மொழிபெயர்ப்பாளர்.**

யுரேனியம், தோரியம், ஆக்டீனியம் வரிசைகளின் இறுதியில் கிடைக்கும் காரீய அணுக்கள் முறையே 206, 208, 207 மடங்கு கனமானவை. எனவே, அவற்றை இனம் பிரித்துக் கண்டு கொள்ள முடியும்.

இத்தனிம மாற்றம் நடைபெறும்போது—மின்சுமையுள்ள பொருள் துகள்களினுலான, அதாவது இலேசான, சடவாயுவாகிய ஹீலியத்தின் அணுக்களினுலான—ஆல்பாக் கதிர்கள் எனப்படுபவை, அழிவுறும் அணுக்களினுல் வெளிவிடப்படுகின்றன. மின்சுமையுள்ள இத்துகள்கள் மாபெரும் வேகங்களுடையனவாயிருப்பதால், வெளிவிடப்பட்டவுடன் தங்கள் நேர் மின்சுமையை இழந்து, தாதுக்களில் சாதாரண ஹீலியத்தின் துகள்களாகத் தங்கிவிடுகின்றன கதிரியக்கத் தாதுக்கள் எல்லாவற்றிலும் ஹீலியம் காணப்படுவதற்குக் காரணம் இது தான். ஆயினும் ஒரு தாதுவிலுள்ள ஹீலியத்தின் அளவைக் கொண்டு அதன் வயதை மதிப்பிடுவது மிகவும் தவருன முடிவுகளைத் தரக் கூடும்; ஏனெனில் ஹீலியம்—மற்ற இலேசான வாயு எதையும் போன்றே——ஆவியாகிவிடுகிறது.

தாதுவில் சேர்ந்திருக்கும் காரீயத்தின் அளவைக் கொண்டு வயதை மேலும் திட்டமாக மதிப்பிட முடியாதா? 1940ஆம் ஆண்டுகளின் தொடக்கத்தில் வெவ்வேறு படிவுகளிலுள்ள காரீய ஐஸோடோப்புக்களின்* அளவுகளை மதிப்பிட்டு, பூமியின் வயதை 350 கோடி ஆண்டுகள் என்று பிரிட்டிஷ் புவியியலறிஞரான ஹோம்ஸ் என்பவர் நிர்ணயித்திருக்கிருர். உண்மையில், அவர் கண்டுபிடித்தது பூமியின் வயது அன்று; அதன் புறணியின் வயதே ஆகும். மேலும், சூரியனிடமிருந்து பிரிந்து வந்த வெப்பமான ஓர் ஆவி முகிலிலிருந்தே பூமி தோன்றியிருக்க வேண்டும் என்னும் வழக்கொழிந்த கருத்தை அவர் பயன்படுத்திஞர்.

1951-52இல் பேரவை விஞ்ஞானி அ. பா. வினகிராதவ்

* ஒரே தனிமத்தின், அணு எடை மட்டும் வெவ்வேருயுள்ள அணுக்கள். ஆவர்த்தன அட்டவணையில் இத்தகைய அணுக்களுக்கு ஒரே இடம் கொடுக்கப்பட்டிருப்பதால் ஐஸோடோப்புக்கள் (ஒரிடவாசிகள்) என்று இவை அழைக்கப்படுகின்றன.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

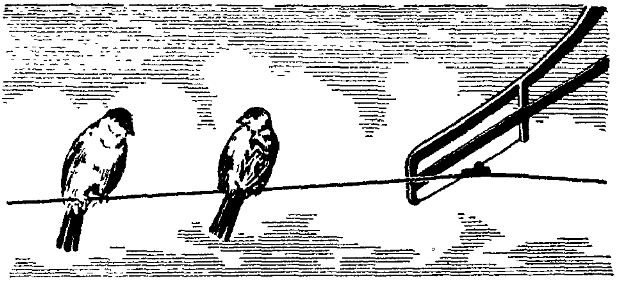
அதுகாறும் கிடைத்துள்ள எல்லா விவரங்களையும் கவனமாய் ஆராய்ந்து, காரீய அளவுகளைக் கொண்டு மட்டுமே பூமியினது புறணியின் வயதைத் தீர்மானிப்பது சாத்தியமல்ல என்னும் முடிவுக்கு வந்தார். அது 500 கோடி ஆண்டுகளுக்கு மேற்பட்டு இருக்க முடியாது என்று மாத்திரமே ஊகிக்க முடியும். 300 கோடி ஆண்டுகள் வயதுள்ளவை என்று மதிப்பிடப்பட்டுள்ள தாதுக்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஒரே அளவுள்ள (முறையே 235, 238 அணு எடை கொண்ட) இரண்டு யுரேனிய ஐஸோடோப்புக்கள் அழிவுறும் வேகத்தைப் பற்றிய விவரங்களிலிருந்து, பூமியின் வயது 500 முதல் 700 கோடி ஆண்டுகள்வரை இருக்கக் கூடும் என்று விஞ்ஞானிகள் மதிப்பிட்டிருக்கிறார்கள்.

எனவே, பூமியின் வயது சுமார் 600 கோடி ஆண்டுகள் என்று நாம் வைத்துக் கொள்ளலாம். இம்மதிப்பு சரியானது என்றே தோன்றுகிறது; ஏனெனில், முற்றிலும் வேறுபட்ட வழிகளைப் பயன்படுத்தியபோதிலும் இதே எண்தான் கிடைத்தது. [பூமி, கிரகங்கள் ஆகியவற்றின் தோற்றம், அவற்றின் வயது, அவற்றின் சேர்க்கை, அவற்றின் அமைப்பு முதலியவை குறித்த விரிவான விவரங்களுக்கு பரீஸ் லேவின் எளிதில் விளங்கும் முறையில் எழுதியுள்ள **பூமியும் கிரகங்களும் எப்படி தோன்றின?** என்னும் நூலைப் பார்க்கவும். [இதன் தமிழ் மொழிபெயர்ப்பு முன்னேற்றப் பதிப்பகத்தினரால் 1970இல் வெளியிடப்பட்டுள்ளது.—**பதிப்பாசிரியர்.**]

மனிதனின் ஆயுட்காலம் இருக்கட்டும், மனிதனின் வரலாற்றுடன் ஒப்பிட்டால்கூட 600 கோடி ஆண்டுகள் மிகவும் பிரம்மாண்டமான காலமாகும்.

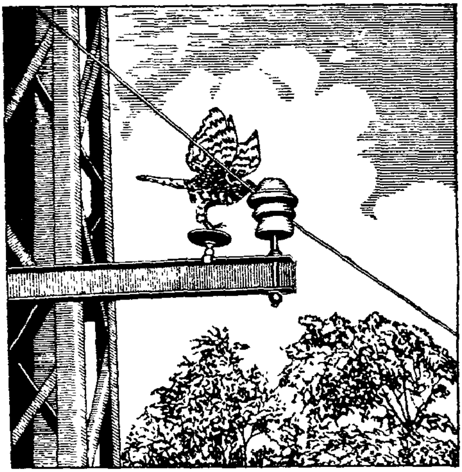
கம்பிகளின்மீது பறவைகள்

டிராம் பாதையின் மின்சாரக் கம்பிகளையோ, உயர் மின்னழுத்தக் கம்பிகளையோ தொடுவது எவ்வளவு ஆபத்தானது என்பது தெரிந்ததே. அறுந்து போன மின்சாரக் கம்பியினால் மனிதர்களுக்கும் பிராணிகளுக்கும் ஏற்பட்டுள்ள பல விபத்துகள் குறித்து நமக்குத் தெரியும். அவ்வாறாயின், தீங்கின்றி மின்சாரக் கம்பிகளின் மீது பறவைகள் அமைதியாக உட்கார்ந்திருக்கின்றனவே, எப்படி அது (படம் 101)?



படம் 101. பறவைகள் தீங்கின்றி மின்சாரக் கம்பிகளில் உட்கார முடிவது எப்படி?

இம்முரண்பாட்டைப் புரிந்து கொள்வதற்குப் பின்வரு தைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். பறவை ன் உடலை மின்சுற்றின் ஒரு கிளைப் பகுதியாகக் கருதலாம். றவையின் கால்களுக்கிடையிலான இந்த மிகக் குறுகிய தாலைவுள்ள கிளைப் பகுதியுடன் ஒப்பிடுகையில் மின்சுற்றின் ன்தடை மாபெரும் அளவுள்ளதாயிருக்கிறது. எனவே றவையினது உடலின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டத்தின்



படம் 102. உயர் மின்னழுத்தக் கம்பியினது தாங்கியின்மீது பறவை தீங்கின்றி அமர்வதற்கான இருக்கை.

வது புறக்கணிக்கத்தக்கதாகி, தீங்கற்றதாகிவிடுகிறது. ஆனால், பறவை தனது இறக்கையினாலோ, வாலினாலோ, மூக்கினாலோ கம்பத்தைத் தொடுமாயின், அல்லது வேறு எந்த வழியிலாவது தரையுடன் தொடர்பு கொள்ளுமாயின் உடனே அது மின்தாக்குற்று மடிந்து போகிறது. இதை நீங்கள் கவனித்திருப்பீர்கள்.

பறவைகள் உயர் மின்னழுத்தக் கம்பிகளின் தாங்கிகள் மீது உட்கார்ந்திருக்கும்போது, மின் கம்பிகளை அலகினால் கொத்துகின்றன. இந்தத் தாங்கிகள் தரையிலிருந்து காப்பிடப்படாதிருப்பதால், தரையுடன் தொடர்புள்ள பறவை மின்சாரம் பாயும் கம்பியைத் தொட்டவுடன் அது மின்தாக்குற்று மடிந்து போகிறது. இது அடிக்கடி நிகழ்வதால், ஜெர்மானியர்கள் உயர் மின்னழுத்தக் கம்பிகளின் தாங்கிகளில் காப்பிடப்பட்ட இருக்கைகளை அமைத்தனர். பறவை மின்சாரம் பாயும் கம்பியைக் கொத்துகையில் அது மின் தாக்கிற்குள்ளாவதை இந்த ஏற்பாடு தடுத்துவிடுகிறது (படம் 102). சில சமயம் பறவைகள் அருகில் வராமலிருப்பதற்காக மின்சாரம் பாயும் கம்பிகள் காப்புக் கூடுகளினுள் வைக்கப்படுகின்றன.

மின்னலின் ஒளியில்

மின்னல் மின்னும்போது கூட்டம் மிகுந்த தெருச்சந்திப்புக்களை நீங்கள் பார்த்ததுண்டா? நீங்கள் தெருவிற்குச் செல்லும்போது மின்னுவதாய்க் கற்பனை செய்து கொள்ளுங்கள். மின்னல் பளிச்சிடும்போது, சற்றுமுன் துடிப்புடன் இருந்த எல்லாமே இயக்கமின்றி நின்றுபோய்விட்டதுபோல் தோன்றுகிறது. வண்டிகள் அசையாமல் நிற்பதாகக் காணப்படுகின்றன; அவற்றின் சக்கரங்களிலுள்ள ஆரங்கள் ஒவ்வொன்றையும் நீங்கள் தெளிவாகப் பார்க்க முடிகிறது.

இதற்குக் காரணம், மின்னல் பளிச்சிடும் நேரம் மிகக் குறுகியது, புறக்கணித்துவிடக் கூடியது. மின்பொறி எதையும் போன்றே மின்னலும் கணப் பொழுதில் நிகழ்வதாகும். எனவே நேரத்தைக் கணக்கிடுவதற்கான நமது வழக்கமான முறைகள் இங்கு பயன்படா. ஒரு மின்வெட்டு வினாடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு சில பங்கு வரை நீடிப்பதாக விஞ்ஞானிகள்

கணக்கிட்டுள்ளனர் [மேகங்களுக்கிடையிலான மின்னல் சற்று அதிக நேரம், 1.5 விஞடிவரை நீடிக்கிறது.—பதிப்பாசிரியர்.] இவ்வளவு குறுகிய நேரத்தில் எதுவுமே கவனிக்கத் தக்க அளவிற்கு நகருவதில்லே. ஆகவே மின் வீச்சின்போது தெருவில் யாவும் அசையாதிருப்பதாகத் தோன்றுவதில் அதிசயம் ஒன்றுமில்லே! விஞடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு சில பங்குகளினும் குறைவான நேரத்தில் நிகழ்வதையே நாம் பார்க்கிருேம். இந்த இடை நேரத்தில் ஒரு வண்டியின் சக்கரம் மில்லிமீட்டரில் ஒரு சிறு அளவிற்கே நகருகிறது—இதை நமது கண் கண்டு கொள்ளவே முடியாது. மேலும், விழித்திரையின்மீது விழும் பிம்பம் மின்னலேவிட அதிக நேரம் நீடித்திருப்பதால் இத்தோற்றம் இன்னும் வலுப் பெறுகிறது.

மின்னலின் விலே என்ன?

மின்னல் ''தேவலோகச்'' செயலாய்க் கருதப்பட்டு வந்த பண்டைக் காலங்களில், இத்தகைய கேள்வி அபவாதமாய்க் கருதப்பட்டிருக்கும். ஆனுல் இன்று மின்விசையானது அளந்து விலே மதிப்பிடக்கூடியதாகிவிட்டதால் மின்னலின் விலே என்ன என்னும் கேள்வியை யாரும் அர்த்தமற்ற கேள்வியாய்க் கொள்ள மாட்டார்கள். மின்னலின்போது எவ்வளவு மின்னுற்றல் செலவாகிறது என்பதையும், மின்விசைக் கட்டணத்தின்படி அதற்கு என்ன விலேயாகிறது என்பதையும் கணக்கிடுவதுதான் நமது பிரச்சினே.

மின்னலின்போது ஏற்படும் மின்னழுத்தம் 5 கோடி வோல்ட்டுகளுக்குச் சமம் என்றும், மின்னேட்டத்தின் அதிகப்பட்ச அளவு 2 லட்சம் ஆம்பியர்களுக்குச் சமம் என்றும் தெரிய வந்துள்ளது (இடிதாங்கி ஒன்றை மின்னல் தாக்கும்போது அதிலுள்ள சுருள் வழியாகச் செல்லும் மின்னேட்டத்திஞல் எஃகுக் கட்டை ஒன்று எந்த அளவிற்குக் காந்தப்படுத்தப்படுகிறது என்பதைக் கொண்டு நிர்ணயிக்கப்பட்ட விவரம் இது). வோல்ட்டுகளேயும் ஆம்பியர்களேயும் பெருக்கி மின்விசையின் அளவு வாட்டுகளில் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. ஆனுல் இதைச் செய்யும்போது, மின்னிலின்போது மின்னழுத்த மட்டம் பூஜ்யமாகிவிடுகிறது என்பதை நாம் மறந்து விடக் கூடாது. ஆகவே சராசரி மின்னழுத்த மட்டத்தையே,

அதாவது துவக்க மின்னழுத்தத்தில் பாதியையே நாம் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். இதிலிருந்து நமக்குக் கிடைக்கும் மின்விசையளவு

$$\frac{5,00,00,000 \times 2,00,000}{2} = 5,00,000,00,00,000$$

வாட்டுகள், அல்லது 500 கோடி கிலோவாட்டுகள்.

மின்விசையின் அளவு இவ்வளவு பெரிய தொகையாயிருப்பதால் மின்விசையின் விலையும் அவ்வளவு பெரிய தொகையாகவே இருக்கும் என்று நினைக்கக் கூடாது. மின்விசைச் செலவை கணக்கிடுவதற்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படும் கிலோவாட்-மணிகளை மதிப்பிடுவதற்கு, நேரத்தையும் நாம் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். மின்னல் நீடிப்பது விநாடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு நேரம்தான். ஆகவே அந்நேரத்தில் $\frac{500,00,00,000}{3,600 \times 1,000}$ அல்லது சுமார் 1,400 கிலோவாட்-மணி செலவாகிறது. மின்சாரக் கட்டணம் ஒரு கிலோவாட்-மணிக்கு 4 கோப்பெக்குகள். எனவே, மின்னலின் விலை $1,400 \times 4 = 5,600$ கோப்பெக்குகள் அல்லது 56 ரூபிள்.

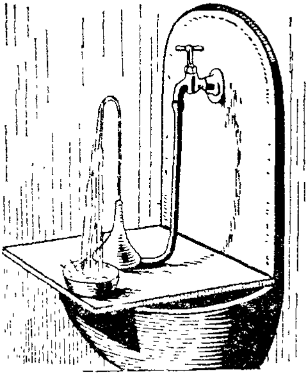
இது திகைப்பூட்டுவதாக இருக்கிறது, இல்லையா! கனரகப் பீரங்கிக் குண்டு ஒன்று சுடப்படும்போது செலவாவதை விட நூறு மடங்கு அதிக ஆற்றல் செலவாகும் மின்னலின் விலை 56 ரூபிள்கள்தாம்.

மின்னலைச் செயற்கையாய் உண்டாகச் செய்வதை நோக்கி மின்பொறியியல் எவ்வளவு தூரம் முன்னேறிச் சென்று விட்டது என்பதை அறிந்து கொள்வது சுவாரசியமானதாயிருக்கும். சோதனைக்கூடங்களில் விஞ்ஞானிகள் ஒரு கோடி வோல்ட்டு மின்னழுத்தத்தையும் 15 மீட்டர் நீளமுள்ள மின்பொறியையும் உண்டாக்கியிருக்கின்றனர். ஆனால் இரண்டுமே இயற்கை மின்னலை விடப் பல மடங்கு சிறியவைதாம்.

வீட்டில் இடி மழை

ரப்பர்க் குழாயின் ஒரு நுனியை, நாற்காலியின்மீது வைக்கப்பட்டிருக்கும் நீர் நிரம்பிய வாளியினுள் வைத்தோ, அல்லது ஒரு தண்ணீர்க் குழாயோடு இணைத்தோ சிறு பூநீர்ச்

சுனை ஒன்றை வீட்டில் எளிதில் அமைக்கலாம். பூநீர்ச் சுனை நுண்ணிய தூறலாக நீரைச் சிதறச் செய்ய வேண்டும் என்றால், குழாயின் மறு நுனி மிகவும் குறுகியதாயிருக்க வேண்டும். ஒரு பென்சில் துண்டிலிருந்து எழுதும் கரியை நீக்கிவிட்டு, அதை ஒரு நுண்துளைக் காம்பாய்ப் பயன்படுத்தி எளிதில் இதைச் செய்யலாம். வசதிக்காக அப்பென்சில் துண்டை, படம் 103இல் காட்டப்பட்டுள்ளபடி, கவிழ்த்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் புனல் ஒன்றின் நுனியில் செருகலாம்.



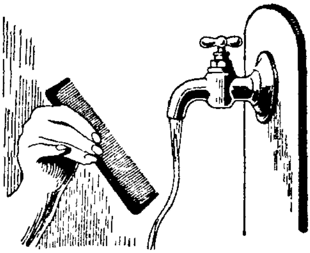
படம் 103. சிறு அளவில் இடி மழை.

பூநீர்ச் சுனை சுமார் அரை மீட்டர் உயரத்துக்குமேல் நோக்கி எழும்பும்படிச் செய்யுங்கள். பிறகு, துணியினால் தேய்க்கப்பட்ட அரக்குக் கழி அல்லது எபனைட் சீப்பு ஒன்றை அருகே கொண்டு வரவும். தனித்தனியாக இருந்த தூறல் திவலைகள் திடீரென ஒரே நீர்த்தூணாக ஒன்றுசேர்ந்து, இடி மழையைப் போல், ஒரு தகட்டின் மீது தட தட வென்று விழும். ''சந்தேகமில்லாமல், இதே காரணத்தினால்தான் இடி மழையின்போது மழைத் துளிகள் அவ்வளவு பெரிதாக இருக்கின்றன'' என்று பௌதிகவியலாளர் பாய்ஸ் கூறுகிறார். அரக்குக் கழியையோ, சீப்பையோ அகற்றியவுடன் பூநீர் மீண்டும் தூறலாக மாறி, சிதறும் நீர்த்திவலைகள் விழும் மெல்லிய ஓசையை நீங்கள் கேட்பீர்கள்.

இதையே ஒரு மாயவித்தையாக மாற்றி, விபரம் தெரியாதவரை உங்களது அரக்குக் கழியை ஒரு ''மந்திரக்கோலென'' நம்பும்படிச் செய்யலாம்.

நீர்த் துளிகள் மின்னேற்றம் பெறுவதால் உண்டாகும் விளைவே இது. கழிக்கு அருகிலுள்ள துளிகள் நேர் மின்சுமையையும் அப்பாலுள்ளவை எதிர் மின்சுமையையும் பெறுகின்றன. எனவே பரஸ்பரக் கவர்ச்சி காரணமாக அவை சேர்ந்திணைகின்றன.

நாத தாரை ஒன்றின்மீது மின்சாரத்திற்குள்ள பாதிப்பைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு மேலும் சுலபமான வழி ஒன்று உள்ளது. சீப்பினுல் தலையைச் சீவிக் கொண்டபின், அதைக் குழாயிலிருந்து சன்னமாய்ச் சொட்டும் நீருக்கு அருகே கொண்டுவரவும். சொட்டிக் கொண்டிருக்கும் நீர் சீரானதோர் தாரையாக மாறி, குறிப்பிடத் தக்க அளவிற்கு வளையும் (படம் 104). மேலே குறிப்பிடப் பட்ட நிகழ்ச்சியைவிட இதை விளக்குவது சற்றுக் கடினம். இது மின்சுமையின் பாதிப்பினுல் பரப்பு விகுவில் ஏற்படும் மாறுதலுடன் சம்பந்தப்பட்டதாகும்.



படம் 104. மின்சுமையேற்றப்பட்ட சீப்பை அருகே கொண்டுவந்ததும் குழாயிலிருந்து வரும் நீர்த் தாரை வளைகிறது.

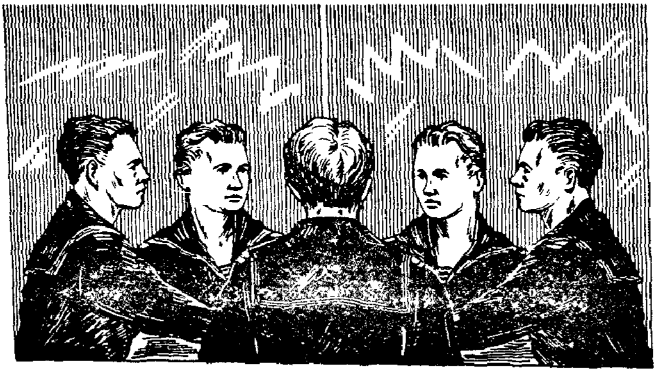
கப்பிகளின்மீது இணைப்புப் பட்டைகள் உராயும்போது அவை மின் ஏற்றம் பெறுவதற்குக் காரணம், உராய்வின் போது மின்சுமை எளிதில் திரண்டு சேருவதுதான் என்பதை இங்கு குறிப்பிட வேண்டும். இவ்வாறு ஏற்படும் மின்பொறிகளால் சில சமயம் தீப்பிடித்துக் கொள்வதுண்டு. இதைத் தவிர்ப்பதற்கு இணைப்புப் பட்டைகளின் மீது மெல்லிய வெள்ளிப் பூச்சு பூசப்படுகிறது. இது அவற்றை மின்கடத்திகளாக்கி, மின்சுமை திரண்டு சேருவதைத் தடுக்கிறது.

அத்தியாயம் ஒன்பது

ஒளிப்பிரதிபலிப்பும் ஒளிவிலகலும். பார்வை

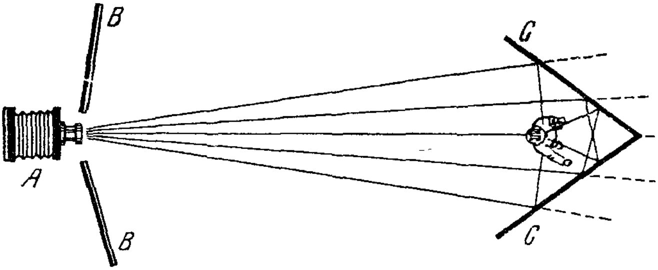
ஐவகைத் தோற்றப் புகைப்படம்

படம் 105 ஒரு வேடிக்கையான புகைப்படத்தைக் காட்டுகிறது—ஒரே ஆளை ஐந்து வெவ்வேறு தோற்றங்களில் இதில் காண்கிறோம். இவ்வகைப் புகைப்படங்கள் சாதாரண நொடிப்படங்களைவிடச் சிறந்தவையாகும்; ஏனெனில் இவை ஒருவரது மேலும் முழுமையான தோற்றத்தை நமக்குத் தருகின்றன. உங்களுக்குரிய சிறந்த கோணத்தில் உங்களைப் படம் பிடிப்பதற்காகப் புகைப்படக்காரர் பெரிதும் சிரமப்படுவதை நீங்கள் பார்த்திருப்பீர்கள். ''ஐவகைத் தோற்றப் புகைப்படம்'' தரும் பல கோணங்களிலிருந்து மிகச் சிறந்த ஒன்றை நீங்கள் எளிதில் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளலாம் அல்லவா?



படம் 105. ஒரே முகத்தின் ஐவகைத் தோற்றப் புகைப்படம்.

இப்புகைப்படங்கள் எவ்வாறு எடுக்கப்படுகின்றன? சமதள ஆடிகளைக் கொண்டு எடுக்கப்படுகின்றன (படம் 106). படம் எடுத்துக் கொள்பவர், புகைப்படக் காமிரா Aக்குத் தன் முதுகைக் காட்டிக் கொண்டும், 360°இல் ஐந்தில் ஒரு பங்கு, அதாவது, 72°அளவுள்ள கோணத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் CC என்னும் செங்குத்தான இரண்டு சமதள ஆடிகளைப் பார்த்துக் கொண்டும் உட்கார்ந்திருக்கிறார். புகைப்படக் காமிராவை நோக்கி வெவ்வேறு வகைகளில் திரும்பி



படம் 106. பல பிம்பப் புகைப்படங்களை எப்படி எடுப்பது. புகைப்படம் எடுத்துக் கொள்பவர் CC என்னும் ஆடிகளுக்கு இடையில் அமர்ந்திருக்கிறார்.

யிருக்கும் நான்கு பிம்பங்களை இவ்விரு ஆடிகளும் தருகின்றன. இந்தப் பிம்பங்களையும் படம் எடுத்துக் கொள்பவரையும் சேர்த்து, புகைப்படம் எடுக்கப்படுகிறது. சட்டம் போடாத ஆடிகள் படத்தில் தென்படுவதில்லை. புகைப்படக் காமிராவின் பிம்பமும் விழுவதைத் தவிர்ப்பதற்காக, அதன் லென்சுக்கு மட்டும் ஒரு சிறு துவாரத்தை விட்டுவிட்டு BB என்னும் இரு திரைகளினால் அது மறைக்கப்பட்டு விடுகிறது.

பிம்பங்களின் எண்ணிக்கை இரு ஆடிகளுக்குமிடையேயுள்ள கோணத்தின் அளவைப் பொறுத்திருப்பதாகும். கோணம் எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு குறுகலாய் இருக்கிறதோ, அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு பிம்பங்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாயிருக்கும். கோணம் 90 டிகிரி, அதாவது 360 : 4 ஆக இருந்தால், நான்கு படங்கள் கிடைக்கின்றன; அது 60 டிகிரி, அதாவது 360 : 6 ஆக இருந்தால் ஆறு படங்களும்; அது 45 டிகிரி, அதாவது 360:8 ஆக இருந்தால் எட்டுப் படங்களும்

என்றவாறாகக் கிடைக்கின்றன. ஆயினும், பிம்பங்களின் எண்ணிக்கை உயர உயர பிம்பங்கள் மேலும் மேலும் மங்கலாக இருக்கும். எனவேதான் புகைப்படக்காரர்கள் ஐந்து பிம்பங்களுடன் நிறுத்திக் கொள்ள விரும்புகின்றனர்.

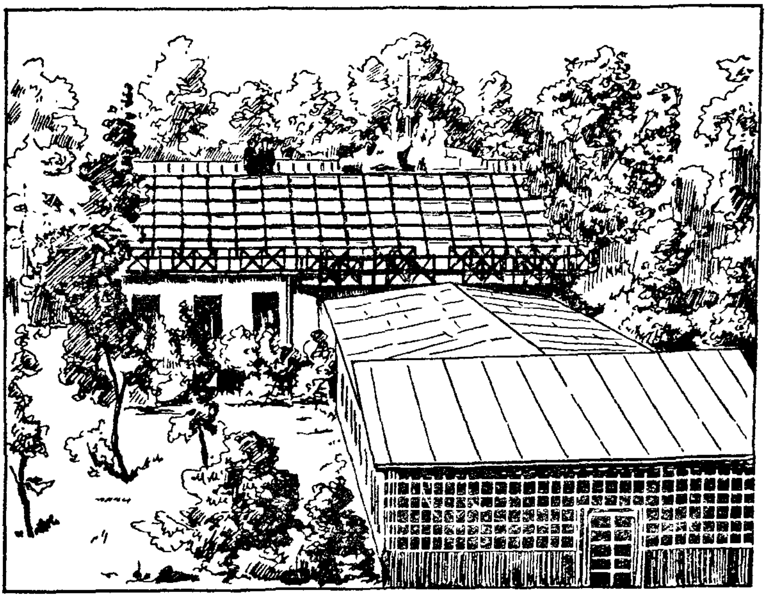
சூரிய விசை மோட்டார்களும் வெப்பமூட்டிகளும்

சூரிய ஆற்றலைக் கொண்டு நீராவி இஞ்சின் கொதிகலத்தைச் சூடாக்கும் திட்டம் கவர்ச்சி மிக்கதாகும். சூரியக் கதிர்களுக்குச் செங்கோணத்தில் உள்ள வளிமண்டல மேற்பரப்பின் ஒவ்வொரு சதுர சென்டிமீட்டரும் ஒவ்வொரு நிமிடத்திலும் சூரியனிடமிருந்து எவ்வளவு ஆற்றலைப் பெறுகிறது என்பது விஞ்ஞானிகளுக்குத் தெரியும். இந்த அளவு கிட்டத்தட்ட நிலையானது. எனவே அது ''சூரிய மாறிலி'' என்று அழைக்கப்படுகிறது. முழு எண்ணாய்க் கூறுவதானால், அதன் மதிப்பு ஒரு நிமிடத்திற்கு ஒரு சதுர சென்டிமீட்டருக்கு இரண்டு காலரி வெப்பத்திற்குச் சமமாகும். ஆனால் சூரியன் ஒரே ஒழுங்குடன் அனுப்பும் இந்த வெப்பம் முழுவதும் பூமியின் மேற்பரப்பை அடைவதில்லை. சுமார் அரைக் காலரி வளிமண்டலத்தினால் கிரகித்துக் கொள்ளப்பட்டுவிடுகிறது. சூரியக் கதிர்களுக்கு நேர்க்குத்தாக உள்ள ஒவ்வொரு சதுர சென்டிமீட்டர் நிலப்பரப்பும், நிமிடத்திற்குச் சுமார் 1.4 காலரிகள் வெப்பமே பெறுவதாக நாம் வைத்துக் கொள்ளலாம். இதையே சதுர மீட்டர் கணக்கில் மாற்றினால், ஒரு நிமிடத்திற்கு 14,000 காலரி அல்லது 14 பெரிய காலரி* அல்லது ஒரு விநாடிக்குச் சுமார் 1/4 பெரிய காலரி என்றாகிறது. ஒரு பெரிய காலரி 427 கிலோகிராம் மீட்டர்** இயந்திரவியல் வேலைக்குச் சமமாதலால், ஒரு சதுர மீட்டர் நிலத்தின் மீது நேர்க்குத்தாக விழும் சூரிய ஒளி விநாடிக்கு

---

* ஆயிரம் காலரிகள் கொண்டது ஒரு பெரிய காலரி.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

** ஒரு கிலோகிராம் எடைக்குரிய விசை அவ்விசையின் திசையிலே ஒரு மீட்டர் தொலைவுக்குச் செயல்படும் போது செய்யப்படும் வேலையின் அளவு ஒரு கிலோகிராம் மீட்டர் எனப்படுகிறது.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.



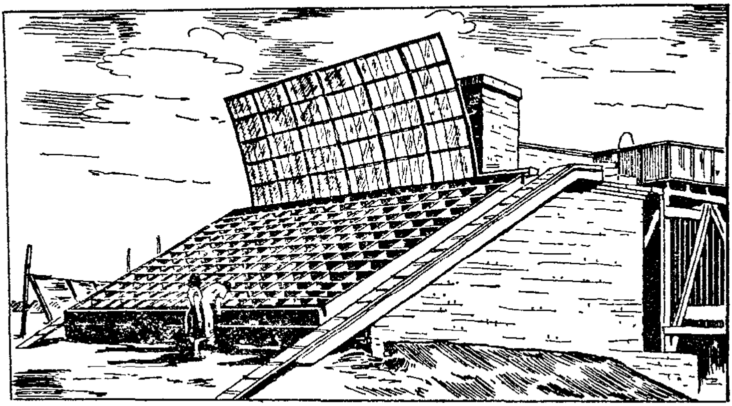
படம் 107. துருக்மெனிஸ்தானில் சூரிய ஆற்றலால் நீரைச் சூடாக்கும் அமைப்பு.

100 கிலோகிராம் மீட்டருக்கு மேற்பட்ட ஆற்றலை, அதாவது 1 1/3 குதிரைத் திறனை வழங்க முடியும்.

மிகவும் சாதகமான நிலைமைகளில், அதாவது சூரிய ஆற்றல் நேர்க்குத்தாக விழுந்து அது முற்றிலும் இயந்திரவியல் ஆற்றலாக மாற்றப்படும்போது, அது செய்யக் கூடிய வேலையின் அளவாகும் இது. எனினும் இந்த இலக்கை அடைவதற்கு நாம் இன்னும் நெடுந் தொலைவு முன்னேறியாக வேண்டும். இதுகாறும் நமக்குக் கிடைத்துள்ள பயனுறுதிறனின் அளவு பொதுவாக 5இலிருந்து 6 சதவீதத்திற்கு மேல் இருந்ததில்லை. உயர்ந்தபட்ச பயனுறுதிறனளவான 15 சதவீதம் என்பது பேராசிரியர் சார்ல்ஸ் ஆபொட் என்பவரின் சூரிய விசை மோட்டாரில் கிடைத்திருக்கிறது.

சூரிய ஆற்றலை, இயந்திரவியல் வேலையைவிடச் சூடாக்குவதற்கு உபயோகிப்பது அதிக எளிதாகும். சோவியத் யூனியனில் இப்பிரச்சினையில் மிகுந்த கவனம் செலுத்தப்பட்டு

வருகிறது. சமர்க்கந்தில் இது குறித்து விரிவான ஆராய்ச்சி கள் நடத்தும் சிறப்பான சூரிய ஆராய்ச்சி நிலையம் ஒன்று இருக்கின்றது. குளியல் விடுதிகள், நீர் வெப்பமூட்டிகள் பல் வேறு சூரிய விசை அமைப்புகள் நிருமிக்கப்பட்டுச் சோதிக்



படம் 108. துருக்மெனிஸ்தானில் சூரிய ஆற்றலால் இயங் கும் குளிர்பதனக் கிடங்கு.

கப்பட்டிருக்கின்றன. சூரிய விசை நீர் வெப்பமூட்டிகளின் சராசரிப் பயனுறுதிறனின் அளவு 47 சதவீதம்; உயர்ந்த பட்ச அளவு 61 சதவீதம். இத்தகைய அமைப்புகளில் ஒன்று துருக்மெனிஸ்தானில் சோதிக்கப்பட்ட சூரிய விசை குளிர் பதனப்பெட்டி ஆகும். இதன் குளிர் ஊட்டும் அடுக்குகள், வெளியிலுள்ள காற்றின் வெப்பநிலை (நிழலில்) பூஜ்யத்திற்கு மேல் 42 சென்டிகிரேட் டிகிரியாக இருந்தாலும், உள் வெப்ப நிலையைப் புஜ்யத்திற்குக் கீழ் 2-3 சென்டிகிரேட் டிகிரியில் இருக்கும்படிச் செய்கின்றன. தொழில் துறையில் உபயோகிக் கப்பட்ட முதல் சூரிய விசைக் குளிர்பதனப்பெட்டி இதுவே ஆகும்.

120 சென்டிகிரேட் டிகிரி உருகு நிலையுள்ள கந்தகத்தைச் சூரிய விசையினுல் உருக்குவதற்கான பரிசோதனைகள் சிறந்த பலனளித்துள்ளன. தவிரவும், காஸ்பியன், ஆரல் கடல் களிலிருந்து தூய நீர் தயாரிப்பதற்கான சூரிய விசை ஆலை

கள், மத்திய ஆசியாவில் பண்டைக் காலத்திய இறைவை ஏற்பாடுகளுக்குப் பதிலாகப் பயன்படுத்தப்பட்டு வரும் சூரிய விசைப் பம்பு, பழங்களையும் மீன்களையும் உலர்த்துவதற்கான சூரிய விசை உலர்த்திகள், சூரிய விசைச் சமையல் அடுப்பு முதலியவற்றையும் குறிப்பிட வேண்டும். இன்னும் எத்தனையோ வழிகளில் சூரியக் கதிர்களைப் பயன்படுத்தலாம். சோவியத் மத்திய ஆசியா, காக்கசஸ், கிரீமியா, வோல்காக் கழிமுகப் பகுதி, தெற்கு உக்ரேனியா ஆகியவற்றின் பொருளாதாரத்தில் இவ்வகை அமைப்புகள் முக்கியமான பங்கு வகிக்கப் போகின்றன.

மந்திரக் குல்லா

அணிந்து கொள்பவரைக் கண்ணிற்குப் புலப்படாமல் செய்துவிடும் ஒரு மந்திரக் குல்லாவைப் பற்றிய பழங்கதை ஒன்று உண்டு. புகழ்பெற்ற ருஷ்யக் கவிஞரான அலெக்ஸாந்தர் பூஷ்கின் தமது **ருஸ்லானும் லியுத்மீலாவும்** என்னும் காவியத்தில் இக்குல்லாவின் அற்புதமான இயல்புகள் குறித்து விவரித்துள்ளார்:

மாதர் மனம்தனில் எழுவதே போன்று
எழுந்ததே அவளிடம் இவ்வெண்ணம்,
மந்திரவாதியின் குல்லாவை
போட்டுப் பார்க்கலாம் என்றேதான்
மங்கை அவளும் நினைத்தாளே.
அப்படியும் இப்படியும் அதையேதான்
திருகிப் பார்த்தாளே லியுத்மீலா;
பக்க வாட்டிலும் நேராயும்
மந்திரவாதியின் விந்தைத்
தொப்பியை அணிய முயன்றாளே.
பின்பக்கம் முன்னால் தெரிய
வைத்துப் பார்த்த உடனேயே—
காண்போர் திகைத்திடும் காட்சியது—
மாயமாய் மறைந்தாளே லியுத்மீலா!
ஆனால் மீண்டும் அதையேதான்
திருப்பிச் சரியாய் அணிந்ததுமே
மீண்டும் தோன்றினாள் கண்ணெதிரே.
மாற்றி மறுமுறை போட்டதுமே
மறுபடியும் மாயமாய் மறைந்தனளே.
''ஜாலவித்தை இது! நன்று நன்று!

நன்றி உமக்கு! நன்றி நன்றி!''
என்றே வாழ்த்தினள் நங்கை.
''விடுதலை வழி அறிந்தேன்,
பயமின்றி வாழ்வேன் இனி
பத்திரமாய் எந்நாளும்!

கைதியாக இருந்த லியுத்மீலாவிற்குப் பாதுகாப்பாக இருந்ததெல்லாம் அணிந்தோரைக் கண்ணுக்குத் தெரியாதவராய் ஆக்கிவிடும் அந்தக் குல்லாதான். கூரிய கண்கள் கொண்ட காவற்காரர்களின் பிடிகளிலிருந்து தப்புவதற்கு அவள் அதைத்தான் பயன்படுத்தினள். அவளது செயல்களிலிருந்துதான் அவள் இருப்பதை அவர்களால் உணர முடிந்தது.

பண்டைக் கதைகளில் வரும் அதிசயங்களில் பல இப்போது அன்றாட வாழ்க்கையின் உண்மை நடப்புக்களாகி விட்டன. விஞ்ஞானம் பல அற்புதங்களைச் சாதித்திருக்கிறது. இன்று நாம் மலைகளைக் குடைய முடியும்; மின்னலைப் பிடிக்க முடியும்; ''பறக்கும் கம்பளங்களில் '' பயணம் செய்யவும் முடியும். இதே போல கண்ணால் காண முடியாதவராக்க வல்ல மாயக் குல்லாவைக் கண்டுபிடிக்க முடியாதா? அல்லது வேறு எப்படியாவது யார் கண்ணுக்கும் தெரியாதவராய் நம்மை மாற்றிக் கொள்ள முடியாதா?

கண் காணு மனிதன்

கண் காணு மனிதன் என்னும் புதினத்தில் எச். ஜி. வெல்ஸ் நம்மைக் கண்ணால் காண முடியாதவாறு செய்து கொள்வது சாத்தியமே என்கிறார். இந்தப் புதினத்தின் கதாநாயகனை உலகம் அறிந்த பௌதிகவியலாளர்களிலே அதியற்புதமானவராய் ஆசிரியர் நமக்கு அறிமுகம் செய்கிறார். மனித உடலைக் கண்ணுக்குத் தெரியாதவாறு செய்வதற்கான வழியை இந்தப் பௌதிகவியலாளர் கண்டுபிடிக்கிறார். தமது நண்பரான ஒரு டாக்டரிடம் இவ்வழியை அவர் பின்வருமாறு விவரிக்கிறார்:

''... எதுவும் கண்ணுக்குத் தெரிவதும் தெரியாததும் ஒளியின்மீது அது எவ்வாறு செயல்படுகிறது என்பதையே பொறுத்திருக்கிறது. கண்ணுக்குத் தெரிவது

எதுவும் ஒளியை கிரகித்துக் கொள்ளவோ, பிரதிபலித்திடவோ, விலக்கிவிடவோ, அல்லது இவை யாவுமோ செய்கிறது. ஒளியை அது பிரதிபலித்திடவோ, விலக்கவோ, கிரகிக்கவோ செய்யவில்லை எனில் அது கண்ணுக்குத் தெரியாதாகிவிடும். உதாரணமாய், ஒளிபுகாத சிவப்புப் பெட்டி ஒன்றை நாம் பார்க்க முடிகிறது என்றால், அந்த நிறம் ஒளியின் ஒரு பகுதியைக் கிரகித்துக் கொண்டு, எஞ்சியதை, அதாவது ஒளியின் சிவப்புப் பகுதி முழுவதையும் பிரதிபலிப்பதுதான் அதற்குக் காரணம். ஒளியின் எந்தப் பகுதியையும் அது கிரகிக்காமல் முழுவதையுமே பிரதிபலித்தால், அது பளிச்சிடும் வெள்ளைப் பெட்டியாய்த் தெரியும். வெள்ளி போலாகிவிடும்! ஒரு வைரப் பெட்டி அதிக ஒளியைக் கிரகிப்பதுமில்லை, அல்லது அதன் மேற்பரப்பு அதிக ஒளியைப் பிரதிபலிப்பதுமில்லை; ஆனால் மேற்பரப்பின் வசதியான இடங்களில் மட்டுமே அங்கும் இங்குமாக ஒளிப்பிரதிபலிப்பும் ஒளிவிலகலும் ஏற்படுகின்றன. இதன் விளைவாக பளிச்சிடும் பிரதிபலிப்புகளுடனும் ஒளிவிலகல்களுடனும் கூடிய ஒரு பளபளப்பான தோற்றம் தென்படுவதைப் பார்க்கிறீர்கள். இதை ஒளியின் ஒருவகைச் சட்டகம் என்று சொல்லலாம். ஒரு கண்ணாடிப் பெட்டி, வைரப் பெட்டியைப் போல் அவ்வளவு பிரகாசமானதாகவோ, கண்ணுக்குப் புலப்படுவதாகவோ இருப்பதில்லை; ஏனெனில் அதில் ஒளிப் பிரதிபலிப்பும் ஒளிவிலகலும் குறைவாகவே ஏற்படுகின்றன.... சாதாரணக் கண்ணாடித் தகடு ஒன்றை நீரினுள் —அல்லது நீரைக் காட்டிலும் அதிக அடர்த்தியுள்ள ஒரு திரவத்தினுள் — வைத்தால், அது கிட்டத்தட்ட முழுவதுமே மறைந்துவிடும். ஏனெனில் நீரிலிருந்து கண்ணாடிக்குச் செல்லும் ஒளி சிறிதளவுதான் பிரதிபலிக்கப் படுகிறது, அல்லது விலகலுக்குள்ளாகிறது, அல்லது வேறெந்த வழியிலும் பாதிக்கப்படுகிறது. கரியமிலவாயு அல்லது ஹைட்ரஜன் எந்தக் காரணத்தினால் காற்றில் கண்ணிற்குப் புலப்படாது இருக்கிறதோ, அதே காரணத்தினால்தான் கண்ணாடித் தகடும் நீரினுள் கிட்டத்தட்ட அதே அளவிற்குக் கண்ணுக்குத் தெரியாததாகி விடுகிறது.

'' 'ஆமாம். இதுவரை கூறியது தெளிவாகவே இருக்கிறது. பள்ளிச் சிறுவனுக்கும் தெரிந்தவையே இவை' என்று கூறினார் கெம்ப்.

'' 'பள்ளிச் சிறுவனுக்கும் தெரிந்திருக்கும் மற்றொரு விவரமும் உண்டு. கண்ணாடித் தகடு ஒன்றை உடைத்துப் பொடியாக்கினால், அது காற்றில் இருக்கும் போது அதிக அளவிற்குக் கண்ணிற்குப் புலனாகிறது; கடைசியில், அது

ஒளி புகாத ஒரு வெள்ளைப் பொடியாக ஆகிவிடுகிறது. இதற்குக் காரணம், பொடி செய்யும் போது, ஒளிவிலகலும் ஒளிப்பிரதிபலிப்பும் நிகழக் கூடிய பரப்புகளை அதிகமாக்கிறது என்பதுதான். கண்ணாடித் தகட்டில் இரண்டு பரப்புகளே உள்ளன; ஆனால் பொடியிலோ ஒளி ஒவ்வொரு துகளினாலும் பிரதிபலிக்கப்படுகிறது அல்லது விலக்கப்படுகிறது. ஆகவே, பொடியினூடாகச் செல்லும் ஒளியின் அளவு மிகக் குறைவே. பொடியாக்கப்பட்ட வெள்ளையான கண்ணாடித் தூளை நீரினுள் போட்டவுடனேயே, அது கண்ணுக்குத் தெரியாமல் மறைந்துவிடுகிறது. பொடியாக்கப்பட்ட கண்ணாடித் தூளும் நீரும் கிட்டத்தட்ட ஒரே விலகுவிகித எண் அல்லது விலகு விகிதம்* உடையனவாயுள்ளன; அதாவது ஒளி ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றிற்குச் செல்லும் போது, மிகக் குறைந்த அளவே விலகவோ, பிரதிபலிக்கவோ செய்கிறது.

" 'கண்ணாடியை அதன் விலகு விகிதத்திற்கு ஏறக்குறையச் சமமான விலகு விகிதமுள்ள ஒரு திரவத்தினுள் வைத்தால் அது கண்ணால் காண முடியாததாகிவிடும். ஒளிபுகும் பொருள் ஒன்று, அதன் விலகு விகிதத்திற்குக் கிட்டத்தட்டச் சமமான விலகு விகிதமுள்ள ஏதாவதோர் ஊடகத்தில் வைக்கப்பட்டால், அது கண்ணால் காண முடியாதது ஆகிவிடுகிறது. சற்றுச் சிந்தித்தீர்களானால், கண்ணாடிப் பொடியின் விலகு விகிதத்தை காற்றின் விலகு விகிதத்திற்குச் சமமாக்கிவிட்டால், அதையும் காற்றில் மறைந்து போகும்படி செய்துவிட முடியும் என்பதைக் கண்டு கொள்வீர்கள். அது மறைவதற்குக் காரணம் அப்போது ஒளி கண்ணாடியிலிருந்து காற்றிற்குச் செல்லுகையில் ஒளிவிலகலோ ஒளிப்பிரதிபலிப்போ இருக்காது.'**

---

* கதிர் வீச்சு (எடுத்துக்காட்டாக, ஒளிக் கதிர்) அல்லது ஒளி ஓர் ஊடகத்திலிருந்து பிறிதோர் ஊடகத்திற்குச் செல்லும் போது, அதன் திசை மாறுதலடைந்து விலகல் (அல்லது கோட்டம்) ஏற்படுகிறது. காற்றின் விலகல் மதிப்பை ஒன்று என வைத்துக் கொண்டு வெவ்வேறு ஊடகங்களின் விலகல் மதிப்பு, விலகு விகிதம் அல்லது விலகு விகித எண் மதிப்பிடப்படுகிறது.—**மொழிபெயர்ப்பாளர்.**

** முற்றிலும் ஒளிபுகும் பொருள் ஒன்றைச் சுற்றி அதன் எல்லாப் பக்கங்களிலும் ஒளியை ஒரே சீராகச் சிதறச் செய்யக் கூடிய சுவர்களை அமைத்தால், அதைக்

'' 'சரி, ஆனல், மனிதன் பொடியாக்கப்பட்ட கண்ணுடித் தூள் அல்லவே!' என்ருர் கெம்ப்.

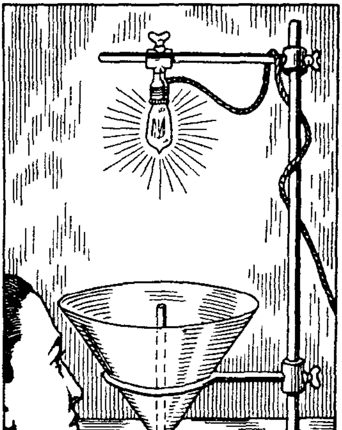
'' 'இல்லை. அதைவிட அதிக அளவிற்கு ஒளிபுகக் கூடியவன்!' என்று பதிலளித்தார் கிரிப்பின்.

'' 'அபத்தம்!'

'' 'டாக்டராய் இருப்பவர் இப்படிக் கூறக் கூடாது! கற்றதை எவ்வளவு சுலபமாய் மறந்துவிடுகிருேம்! உமது பௌதிகவியலைப் பத்து ஆண்டுகளுக்குள்ளாகவே மறந்துவிட்டீர்களே. (ஒளிபுகும் இயல்புள்ளதாயினும் பார்வைக்கு அப்படி இல்லாத பொருள்களை எல்லாம் நினைத்துப் பாருங்கள்!) எடுத்துக்காட்டாக, காகிதம் ஒளிபுகும் இழைகளினுலாகியதே; ஆனல் கண்ணுடிப் பொடி எக்காரணத்தினுல் வெண்மையாகவும் ஒளிபுகாததாகவும் இருக்கிறதோ, அதே காரணத்தினுல்தான் காகிதமும் வெண்மையாகவும் ஒளிபுகாததாகவும் இருக்கிறது. வெள்ளைக் காகிதத்தின்மீது எண்ணெயைத் தடவிக் காகிதத்தின் துகள்களிடையேயுள்ள இடைவெளிகளை நிரப்பியவுடன், மேற்பரப்பில் தவிர வேறு எங்கும் ஒளிவிலகலோ,

---

கண்ணுல் காண முடியாததாய்ச் செய்யலாம். பக்கத்திலுள்ள நுண்ணிய துளை வழியாகப் பார்க்கும்போது, அப்பொருளின் ஒவ்வொரு பகுதியிலிருந்தும் ஒரே அளவு ஒளியையே கண் பெறுவதால், அப்பொருள் இல்லாதது போல் தோன்றும்; ஏனெனில், அது இருப்பதைக் காட்டும் மினுமினுப்போ, நிழலோ அதனிடம் இருக்காது. பின்வரும் முறையில் அதைச் செய்யலாம். வெள்ளை அட்டை ஒன்றைக் கொண்டு, அரை மீட்டர் விட்டமுள்ள ஒரு புனல் செய்து, படம் 109 இல் காட்டப்பட்டிருப்பது போல், ஒரு 25 வாட் பல்பிலிருந்து சிறிது தூரத்தில் அதை அமைக்கவும். பின்னர், புனலின் குறுகலான



படம் 109. காண முடியாத கண்ணுடிக் கழி.

ஒளிப்பிரதிபலிப்போ இருப்பதில்லை; எனவே காகிதம் இப்பொழுது கண்ணுடியைப் போல் ஒளிபுகக் கூடியதாகிவிடுகிறது. காகிதம் மட்டுமல்ல, கெம்ப், பருத்தி இழை, சணல் இழை, கம்பளி இழை, மர இழை ஆகியவையும், மற்றும் எலும்பு, சதை, ரோமம், நகங்கள், நரம்புகள் ஆகியவையும், மற்றும் ரத்தத்தின் சிவப்புப் பொருள், மயிரின் கறுப்புச் சாயப் பொருள் இவை இரண்டையும் தவிர மனிதனின் உடல் முழுவதுமே ஒளி புகக் கூடிய, நிறமற்ற திசுக்களினுல் ஆனவையே. நாம் கண்ணுல் காணக் கூடியோராய் இருப்பதற்கு இவைதாம் காரணம்....' ''

ரோமமில்லாத வெண்பிறவிப் பிராணிகள், அல்லது ஆல்பிஞேப் பிராணிகளின் திசுக்கள் பெருமளவிற்கு ஒளிபுகக் கூடியதாய் இருப்பது இக்கருத்தை உறுதிப்படுத்துகிறது. (இவற்றின் திசுக்களில் சாயப் பொருள் சிறிதளவுகூட இல்லை.) 1934 கோடையில் தேத்ஸ்கொயே ஸேலோவுக்கு அருகே ஆல்பிஞேத் தவளை ஒன்றைக் காண நேர்ந்த விலங்கியலாளர் ஒருவர் அதைப் பின்வருமாறு விவரிக்கின்ருர்: ''மெல்லிய தோலும் தசைத் திசுக்களும் ஒளிபுகக் கூடியனவாயுள்ளன. அவற்றினூடாக எலும்புக் கூட்டையும் உள்ளுறுப்புக்களையும் பார்க்க முடிகிறது. முக்கியமாக, இருதயத் தசை சுருங்குவதும் குடலின் இயக்கமும் வயிற்றினூடே நன்கு தெரிகின்றன.''

நுனியின் வழியாக அடிப்புறத்திலிருந்து ஒரு கண்ணுடிக் கழியை நுழைக்கவும்; கழி நேர்க்குத்தாக இருக்க வேண்டும்; ஏனெனில், நேர்க்குத்திலிருந்து சிறிதே விலகினுலும்கூட, சுற்றிலும் ஒளியுள்ள, மெல்லிய ஒரு கரு நிழலாகவோ, அல்லது சுற்றிலும் நிழலுடைய ஓர் ஒளிக் கற்றையாகவோ தோன்றும்படி அதைச் செய்துவிடுகிறது. கழியை மிகச் சிறிய அளவிற்குத் திருப்பினுல் இது மாறித் தோன்றும். பலமுறை முயன்று பார்த்து, கழியின் மீது ஒளி சீராக விழும்படி செய்யவும். 1 சென்டிமீட்டர் விட்டத்தைவிட அதிகமில்லாத, பக்கத்திலுள்ள ஒரு துவாரத்தின் வழியாகப் பார்க்கும் போது, அது இல்லாதது போலவே தோன்றும். கண்ணுடிப் பொருளின் விலகு விகிதம் காற்றினுடையதிலிருந்து மிகவும் வேறுபட்டிருந்தாலும்கூட, கண்ணுடிப் பொருள் முற்றிலும் கண்ணுக்குத் தெரியாததாகிவிடும். பட்டை பிடித்த கண்ணுடித் துண்டு ஒற்றைக் கண்ணிற்குத் தெரியாததாக்குவதற்கான பிறிதொரு வழி, உட்புறம் ஒளிரும் பூச்சினுல் பூசப் பெற்ற ஒரு பெட்டியினுள் வைத்துவிடுவதுதான்.

வெல்ஸின் கதாநாயகன் உடலின் எல்லாத் திசுக்களையும் அதன் சாயப் பொருள்களையும்கூட ஒளிபுகக் கூடியதாகச் செய்வதற்கான முறையைக் கண்டுபிடித்தான். தனது கண்டு பிடிப்பைத் தனது உடலிலேயே பிரயோகித்து, தன்னை யாராலும் காண முடியாத அதிசய மனிதனுக்கிக் கொண்டான். கண் காணுத இந்த மனிதனுக்கு பிறகு என்ன நேர்ந்தது என்பதைப் பார்ப்போம்.

கண் காணு நிலையால் வந்த வினை

கண் காணு நிலை எய்திய இம்மனிதன் அனைவரையும் ஆட்டிப் படைக்கும் அசுர பலம் பெறுவதை வெல்ஸ் மிக நயமாகவும் தர்க்க நியாயத்தோடும் சித்தரிக்கிருர். யார் கண்ணுக்கும் தெரியாமல் எந்த இடத்திலும் நுழையவும், அச்சமின்றி எதையும் திருடவும் அவனுல் முடிகிறது. கண் காணுத் தனது நிலையின் காரணமாக, தான் பிடிபடாமல் இருந்து கொண்டு, ஆயுதம் தாங்கிய ஒரு பெருங் கூட்டத் தைக்கூட அவனுல் சண்டையிட்டு வெல்ல முடிகிறது. கண் ணிற்குத் தெரியும் எல்லோரையும் அடித்துவிடுவதாகப் பய முறுத்தி, ஓர் ஊர் முழுவதிலுமுள்ள மக்களை அவன் தனக்குக் கீழ்ப்படுத்திவிடுகிருன். தான் பிடிப்படாமலும் தாக்குத லுக்கு இலக்காகாமலும் இருந்து கொண்டு, தன் எதிரிகள் எவ்வளவு முன்னெச்சரிக்கையுடன் இருந்தாலும் அவர்கள் அனைவரையும் வென்றுவிடுகிருன். பீதியுற்றுவிட்ட ஊர் மக்களுக்குப் பின்வருமாறு ஓர் உத்தரவையும் பிறப்பிக் கிருன்:

"பர்டாக் துறைமுகம் இனி ராணியின் ஆட்சியில் இல்லை என்று உங்கள் போலீஸ் அதிகாரியிடமும் ஆட்சி யிலிருக்கும் எல்லோரிடமும் சொல்லுங்கள்; என்னுடைய ஆட்சியில் உள்ளது.... இது ஒரு புதிய சகாப்தத்தின்— கண் காணு மனிதனின் சகாப்தத்தின்—முதலாவது ஆண் டின் முதலாவது நாள். நான்தான் முதலாவது கண் காணு மனிதன். தொடக்கத்தில் ஆட்சி சுலபமாகவே இருக்கும். எல்லோரையும் எச்சரிக்கும் பொருட்டு, முதல் நாளன்று கெம்ப் என்பவனுக்கு மரண தண்டனை நிறைவேற்றப்படும். இன்று அவன் சாகப் போகிருன். அவன் தன்னை எங்கேயாவது பூட்டிக் கொள்ளலாம்,

ஒளிந்து கொள்ளலாம், தன்னைச் சுற்றிக் காவலாளிகளை வைத்துக்கொள்ளலாம், விரும்பினால் கவசமும் போட்டுக் கொள்ளலாம். மரணம், கண் காணா மரணம், வந்து கொண்டிருக்கிறது. அவன் முன்னெச்சரிக்கை நடவடிக் கைகளை மேற்கொள்ளட்டும், என் மக்களின் மனத்தில் நிலைமை நன்கு பதிவதற்கு இவை உதவியாயிருக்கும்.... சாவு நெருங்குகிறது. மக்களே, அவனுக்கு உதவி செய் யாதீர்கள், இல்லையேல், நீங்களும் மரணத்திற்குள்ளா வீர்கள்.''

ஆரம்பத்தில், கண் காணா மனிதனே வெற்றியடைகிறான். பீதியுற்ற நகர மக்கள் சர்வாதிகாரத் தலைவனாகிவிடலா மெனக் கனவு கண்ட கண் காணா இக்கொடும் பகவனை அரும் பாடுபட்டு ஒழிக்கின்றனர்.

ஒளிபுகும் வண்ணம் பதனம் செய்யப்பட்டவை

இவ்விஞ்ஞானக் கற்பனை நாவலுக்கு அடிப்படையாயிருக் கும் பௌதிகவியல் கருத்துக்கள் சரிதானா? சரிதான், சந்தேக மில்லை. ஒளிபுகும் ஓர் ஊடகத்தில் ஒளிபுகும் பொருள்கள் விலகு விகிதங்களின் வித்தியாசம் 0.05க்குக் குறைவாயிருக் கையில் கண் காணாதவை ஆகிவிடுகின்றன. எச். ஜி. வெல் ஸின் கண் காணா மனிதன் வெளியிடப்பட்டுப் பத்து ஆண்டு களுக்குப் பின்னர், ஜெர்மானிய உடலமைப்பியலாளரான ஷ்பால்டெஹோல்ட்ஸ் என்பவர் வெல்ஸின் கருத்தைச் செயல்படுத்தினார். ஆனால் உயிரமைப்புகள் மீதல்ல, இறந்த பிராணிகளின் உறுப்புகள் மீது அவர் இதைச் செயல்படுத்திக் காட்டினார். இவ்விதம் ஒளி புகுவனவாய்ப் பதனம் செய்யப் பட்ட உடலுறுப்புகளையும் முழுச் சடலங்களையும் இன்று பல பொருட்காட்சிசாலைகளில் காணலாம். உறுப்புகளை ஒளி புகுவனவாக்குவதற்காக 1911இல் பேராசிரியர் ஷ்பால்டெ ஹோல்ட்ஸ் கையாண்ட முறை சுருக்கமாகப் பின்வருமாறு: சாயம நீக்கிக் கழுவியபின், மாதிரிப் பொருள் அதிக விலகு விகித மதிப்புள்ளதும் நிறமற்றதுமான மெதில் சாலிஸிலேட் என்னும் திரவத்தில் ஊறவைக்கப்படுகிறது. பிறகு, இவ் வாறு தயாரிக்கப் பெற்ற எலிகள், மீன்கள், பல்வேறு மனித உறுப்புக்கள் ஆகியவை அதே திரவமிருக்கும் கலங் களில் வைக்கப்படுகின்றன. எனினும், இவை முற்றிலும்

ஒளிபுகுமாறு செய்யப்படுவதில்லை. ஏனெனில் அங்ஙனம் செய்துவிட்டால், அவை முழுதும் கண் காணுதவையாய் மாறிவிடும், உடலமைப்பியலாளருக்குப் பயனில்லாமற் போய்விடும். ஆனுல் தேவைப்படும்போது முற்றிலும் ஒளி புகுமாறு செய்ய முடியும்.

ஆனுல் வெல்ஸின் கனவு இதுவல்ல; அறவே கண் காணுத நிலைக்கு ஒளிபுகுமாறு உயிருள்ள மனிதன் மாற்றப்பட வேண்டுமென்பதே அவர் கண்ட கனவு. அதை இன்னமும் நாம் நிறைவேற்றியாகவில்லை. இதற்குக் காரணம், முதலாவதாக, உறுப்புக்களின் செயல்களுக்கு ஊறு எதுவுமில்லாமல் இந்த ஒளிபுகும் திரவத்தைக் கொண்டு உயிருள்ள திசுவை எப்படிப் பதனிடுவது என்பது தெரிய வேண்டும்; இரண்டாவதாக, பேராசிரியர் ஷ்பால்டெஹோல்ட்ஸின் தயாரிப்புகள் ஒளிபுகக் கூடியவையே அன்றி, கண் காணுதவை அல்ல. அதே அளவு விலகு விகிதமுள்ள திரவத்தில் அமிழ்த்தப்பட்டால்தான் அவை கண்ணுல் காண முடியாதனவாய் மாறும். காற்றில் அவை இவ்விதம் கண் காணுத நிலையை எய்த வேண்டுமானுல், அவற்றின் விலகு விகிதம் காற்றின் விலகு விகிதத்திற்குச் சமமானதாயிருக்க வேண்டும்—இது நம்மால் இன்னமும் சாதிக்க முடியாததாகவே இருக்கின்றது.

ஆயினும், நாளடைவில் நம்மால் இதைச் செய்யவும், எனவே வெல்ஸின் கனவை நனவாக்கவும் முடிகிறது என்று வைத்துக் கொள்வோம். வெல்ஸ் அளித்த விளக்கம் சந்தேகத்துக்கு இடமில்லாததாய் இருப்பதால், கண் காணு மனிதன் அவர் கூறுவது போல அருந்திறல் படைத்தவனுய் இருப்பான் என்றே நினைக்கத் தோன்றுகிறது. ஆனுல் இது உண்மை அல்ல. கண் காணு மனிதனின் ஆசிரியர் ஒரு விவரத்தைக் கவனிக்கத் தவறிவிட்டார்.

கண் காணு மனிதனுக்குக் கண் தெரியுமா?

வெல்ஸ் இந்நாவலை எழுதுமுன் இந்தக் கேள்வி குறித்து சிந்தித்திருந்தால் நெஞ்சை அள்ளும் இந்த அரிய நாவல் நமக்குக் கிடைக்காமல் போயிருந்திருக்கும். இக்கேள்வி இந்தக் கதையையே குலையச் செய்துவிடுகிறது. ஏனெனில் **கண் காணு மனிதன்... கண் தெரியாத கபோதியாகவே இருப்பான்!**

கண் காணு மனிதனை ஏன் யாராலும் பார்க்க முடியவில்லை? அவனுடைய கண்களும் அடங்கலாய் அவன் உடலின் ஒவ்வோர் உறுப்பும் ஒளிபுகக் கூடியதாக்கப்பட்டு, காற்றைப் போல் அதே ஒளி விலகு விகிதமுடையதாக்கப்பட்டிருந்ததால்தான் அவனை யாராலும் பார்க்க முடியவில்லை.

இப்போது, கண் எவ்வாறு செயல் புரிகிறது என்பதை நினைவுபடுத்திக் கொள்வோம். கண்ணிலுள்ள படிகவில்லையும் பின்கண் திரவமும் மற்றப் பகுதிகளும், சுற்றிலுள்ள பொருள்களின் பிம்பம் விழித் திரையின்மீது உண்டாகுமாறு ஒளியை விலகச் செய்கின்றன. ஆனால், கண்ணின் விலகு விகிதமும் காற்றின் விலகு விகிதமும் ஒன்றாயிருந்தால், ஒளி விலகல் நிகழ்வதற்குக் காரணமே இல்லாமற் போய்விடுகிறது. ஓர் ஊடகத்திலிருந்து அதே விலகு விகிதம் உள்ள பிறிதோர் ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது ஒளி திசை மாறுவதில்லை. எனவே ஒளிக் கதிர்கள் ஒரு புள்ளியில் குவிய முடியாது. கண் காணு மனிதனின் கண் வழியாக, அதில் சாயப் பொருள் இல்லாததால், ஒளி தடையின்றி ஊடுருவிச் செல்லும்; ஒளிக் கதிர்கள் ஒளிவிலகலுக்குள்ளாவதோ, தடுக்கப்படுவதோ இல்லை. (பிராணிகளிடம் ஒளி உணர்ச்சியைத் தூண்டுவதற்கு கண்களினுள் ஒளிக் கதிர்கள் மிகவும் நுண்ணியதான மாறுதல்கள் சிலவற்றையாவது குறைந்தபட்சமாக விளைவித்தாக வேண்டும்; அதாவது, அவை சிறிதேனும் வேலை புரிந்தாக வேண்டும். ஆகவே, ஒரு சில கதிர்களாவது தடுக்கப்பட வேண்டும். ஆனல், முற்றிலும் ஒளிபுகக் கூடிய ஒரு கண்ணினல் ஒளிக் கதிர்களைத் தடுக்க முடியாது; இல்லாவிட்டால் அது ஒளிபுகக் கூடியதாக இராது. தற்காப்பிற்காக ஒளிபுகும் இயல்பைப் பயன்படுத்தும் எல்லாப் பிராணிகளுக்கும், அவற்றிடம் கண்கள் இருப்பின், இவை முழு அளவுக்கு ஒளிபுகும் தன்மையுள்ளதாய் இல்லாத கண்களாகவே இருக்கின்றன. ''நீருக்குள் மேற் பரப்பை ஒட்டியுள்ள அடுக்குகளில் வாழும் பிராணிகளுள் பெரும்பாலானவை ஒளிபுகக் கூடியனவாயும் நிறமற்றனவாயும் இருக்கின்றன.... வலைகளிலிருந்து அவற்றை எடுக்கும்போது, அவற்றின் சிறிய கறுப்புக் கண்களினல் மட்டுமே அவை இருப்பதைக் கண்டு கொள்ள முடிகிறது; ஏனெனில், அவற்றின் ரத்தத்தில் நிறத்திற்குக் காரணமான ஹீமோக்ளோபின் இல்லை; முழு உடலும் முற்றி

லும் ஒளிபுகக் கூடியதாய் இருக்கிறது'' என்று மர்ரே என்னும் புகழ்பெற்ற சமுத்திரவியலாளர் எழுதுகிருர்.) ஆகவே, இக்கண்களால் இம்மனிதனின் மனத்தில் எந்த விதமான பிம்பத்தையும் உண்டாக்க முடியாது.

ஆக, கண் காணு மனிதனுக்குக் கண் தெரியாது. அவனுக்குக் கிடைத்துள்ள சாதகங்களினுல் அவனுக்கு ஒரு நன்மையும் இல்லே. எதிர்க்க முடியாத சக்தியுடையவனுகக் கருதப்படும் இவன் பிச்சைக்காகத் தட்டுத் தடுமாற வேண்டும்; அவனுக்கு யாராலும் பிச்சைகூட போட முடியாது; ஏனெனில் அவன் கண்ணுக்குத் தெரியாதவன். மனிதர்களுக்குள்ளேயே மிகச் சக்தி வாய்ந்தவனுக இருப்பதற்குப் பதிலாக, நிர்க்கதியான அவல நிலேக்குரியவனுகவே இருப்பான். (வெல்ஸ் வேண்டுமென்றே இவ்விவரத்தை ஒதுக்கியிருக்கக் கூடும். தமது விஞ்ஞானக் கற்பனே நூல்களில் வேண்டுமென்றே அடிப்படைக் குறைபாட்டை ஏராளமான விவரங்களினுல் அவர் பல இடங்களில் மறைத்துவிடுகிருர். தமது நாவல்களின் அமெரிக்கப் பதிப்பு ஒன்றின் முகவுரையில், முக்கியமான விஞ்ஞானத் தந்திரத்தைச் செய்து முடித்தப் பின், ஏனேயவற்றை சாதாரணமான வாழ்க்கையில் இருப்பதைப் போல் தோன்றும்படிச் செய்ய வேண்டும் என்று அவர் சொல்லுகிருர். நாம் தோற்றுவிக்கும் கற்பனேயின் வலுவையே அன்றி தர்க்க நியாயத்தின் வலுவை ஆதாரமாய்க் கொள்ளலாகாது என்று எழுதுகிருர்.)

ஆகவே கண் காணு நிலேயை நாடுவோர் வெல்ஸைப் பின்பற்றிப் பயனில்லே. இதில் வெற்றி கிட்டினுலும் விளேவு அவலமாகவே இருக்கும்.

பாதுகாப்புப் பூச்சு

எனினும் கண் காணு நிலே எய்துவதற்கு வேருெரு வழி இருக்கிறது. பொருள்கள் கண்ணில் படாதபடி அவற்றுக்குப் பூச்சிடுவதே இம்முறை. இதற்கு இயற்கையில் எண்ணற்ற எடுத்துக்காட்டுகளேக் காணலாம். பிராணிகளே அவற்றின் எதிரிகளிடமிருந்து காப்பாற்றுவதற்கும் கடுமையான வாழ்க்கைப் போராட்டத்தில் அவற்றிற்கு உதவி செய்வதற்கும் இயற்கை இம்முறையைப் பெருமளவில் கையாளுகின்றது.

ராணுவத்தினர் ''உருமறைக் காப்பு'' என்று கூறுவதை விலங்கியலறிஞர்கள் போலிமை என்று டார்வின் காலந் தொட்டு அழைத்து வருகின்றனர். விலங்குலகில் இதற்கு ஆயிரக் கணக்கான எடுத்துக்காட்டுகளைக் குறிப்பிடலாம். எங்கு திரும்பினாலும் காணலாம். பெரும்பாலான பாலைவனப் பிராணிகள் — சிங்கம், பறவை, பல்லி, சிலந்தி, அல்லது புழு—மணலுக்குரிய ஒரு வகை மஞ்சள் நிறத்தைப் பெற்றிருக்கின்றன. மாருக, வட பிரதேசத்தில் வாழும் விலங்குகள் — அபாயகரமான துருவக் கரடியாயினும் தீங்கற்ற லூன் எனப்படும் நீர்ப்பறவையாயினும் — எல்லாமே வெண்பனி போல வெள்ளையாய் இருக்கின்றன. இந்த வெண்மை நிறம் அவற்றைக் கண்ணில் படாதபடி மறைக்கின்றன. மரங்களில் வசிக்கும் கம்பளிப் புழுக்களும் வண்ணத்திப் பூச்சிகளும் மரப்பட்டையே என்று நினைக்கும்படி அதே நிறத்தை பெற்றுள்ளன. இடையன் பூச்சி இதற்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டு.

பூச்சிகளைத் தேடிப்பிடிப்பது, இயற்கைப் போலிமை காரணமாக, எவ்வளவு சிரமமாகிவிடுகிறது என்பதைப் பூச்சி சேகரிப்பவர்கள் நன்கு அறிவர். உங்கள் காலடியிலேயே கிரீச்சிட்டுக் கொண்டிருக்கும் பச்சை நிற வெட்டுக்கிளியைக் கண்டுபிடிக்க முயன்று பாருங்கள்; பச்சைப் பின்னணியில் அது உங்கள் கண்ணில் படவே படாது.

நீர்வாழ் பிராணிகளுக்குங்கூட இது பொருந்தும். பழுப்பு நிறக் கடற் பாசிகளிடையே வசிக்கும் கடற் பிராணிகள் எல்லாவற்றிற்கும் பழுப்பான பாதுகாப்பு நிறம் இருக்கிறது. சிவப்பு நிறக் கடற் பாசிகளிடையே வாழும் பிராணிகளிடம் மேலோங்கிக் காணப்படும் பாதுகாப்பு நிறம் சிவப்பு. மீனின் வெள்ளி நிறச் செதில்கள், மேலிருந்து தாக்கும் பறவைகளிடமிருந்தும் ஆழத்திலிருந்து தாக்கும் வேட்டைப் பிராணிகளிடமிருந்தும் மீனைப் பாதுகாக்க உதவுகின்றன. நீரின் மேற்பரப்பை மேலேயிருந்து பார்க்கும்போது அது ஓர் ஆடி போலவும், கீழேயிருந்து பார்க்கும்போது அவ்வாறே இன்னும் அதிக அளவிற்கும் காணப்படுவதால்—இதற்குக் காரணம் ''முழுப் பிரதிபலிப்பு''*—மினுமினுப்புள்ள

---

* திட்டமாகக் கூறினல் ''முழு அகப் பிரதிபலிப்பு''. ஒளியியலடர்த்தி அதிகமாயிருக்கும் ஊடகம் ஒன்றிலிருந்து

இந்த உலோகப் பின்னணியுடன் மீனின் வெள்ளி நிறச் செதில்கள் நன்கு ஒன்றிணைந்துவிடுகின்றன. புழுக்கள், ஓட்டுமீன்கள், சொறிமீன் போன்ற மெல்லுடலிகள், மற்றும் பிற ஒளிபுகும் நீர்வாழ்ப் பிராணிகள் முழு நிறமின்மையையோ அல்லது ஒளிபுகும் தன்மையையோ பாதுகாப்புச் சாதனமாகக் கொண்டுள்ளன; இத்தகைய தன்மைகள் அவை வசிக்கும் நிறமற்ற, ஒளிபுகும் உலகில் அவற்றைக் கண்ணிற் படாதபடிச் செய்கின்றன.

மனிதன் கண்டுபிடித்துள்ள எதையும்விட இயற்கையின் உபாயங்கள் சிறப்பாயுள்ளன. பல பிராணிகள் இயற்கைச் சூழலின் மாறுதல்களுக்கேற்ப தங்கள் நிறத்தை மாற்றி அமைத்துக் கொள்ளும் ஆற்றல் பெற்றுள்ளன. வெண்பனியின் பின்னணியில் கண்ணிற்குத் தெரியாமல் வெள்ளியைப் போல் வெளுப்பாயுள்ள எர்மைன், வெண்பனி உருகும்போது தனது நிறத்தை மாற்றிக் கொள்ளாவிட்டால் எதிரிகளுக்கு எளிதில் இரையாகிவிடும். எனவே, வேனிற் காலம் தொடங்கும் போது இவ்வெண்ணிறப் பிராணி, பனியில்லாத தரையின் நிறத்துடன் ஒன்றிப்போகும் வகையில் செம்பழுப்பு நிற முடையதாகிறது; குளிர் காலத்தில் மீண்டும் வெளுப்பாகிவிடுகிறது.

உருமறைக் காப்பு

இயற்கையின் கைவன்மையைக் கண்டு நாம் கற்றுக் கொண்ட பாடங்கள் சிலவற்றை ஒன்றிக் கலந்துபோகும் அல்லது ஏய்க்கும் நிறங்களைப் பயன்படுத்தும் முறையாகிய உருமறைக் காப்புக் கலையில் நாம் கையாளுகிறோம். போர்க்களங்களை மெய்யாகவே வண்ணக் கோலங்களாய்த் திகழச் செய்த முற்காலத்திய போர்வீரர்களின் உடுப்புகளுக்குப்

(கண்ணாடியிலிருந்து) அடர்த்தி குறைவாயிருக்கும் ஊடகத்திற்கு (வளிக்கு) ஒளி செல்லும் போது, வெளியே வரும் ஒளிக் கதிர் நேர்க்குத்துக் கோட்டிலிருந்து தள்ளி விலக்கமடைகிறது. மிகு அடர்த்தி ஊடகத்தில் படுகோணத்தின் அளவு குறிப்பிட்ட ஓர் (அவதி) அளவிற்கு அதிகமானல், ஒளிக் கதிர் வெளிப்புறம் விலகலுக்குள்ளாகாமல், மிகு அடர்த்தி ஊடகத்தினுள்ளேயே பிரதிபலிக்கப்பட்டுவிடுகிறது. —மொழிபெயர்ப்பாளர்.

பதிலாக, காக்கி நிற உடுப்புகளே இப்போது பயன்படுத்தப் பட்டு வருகின்றன. போர்க் கப்பல்களுக்குப் பூசப்படும் உருக்குச் சாம்பல் நிறப் பூச்சும் கடலில் இருக்கும் கப்பல் களை எளிதாகக் கண்ணிற்குப் புலப்படாதவாறு செய்துவிடும் ஒரு பாதுகாப்பு நிறமே ஆகும்.

ராணுவ உருமறை காப்பில், பீரங்கிகள், கோட்டைகள், டாங்கிகள், கப்பல்கள் ஆகியவற்றை மறைப்பதற்கு, மரக் கிளைகள், விநோத வண்ணப் பூச்சு வடிவங்கள், புகை, மற் றும் ஏமாற்றவல்ல வேறு பல தந்திரங்களும் கையாளப்படு கின்றன. புல் முடிச்சுக்களுடன் கூடிய வலைகளினால் ராணுவப் பாசறைகள் ஒளித்து மறைக்கப்படுகின்றன. போர்வீரர்களும் மறைப்பு அங்கிகளை அணிந்து கொள்கின்றனர்.

அங்ஙனமே, ராணுவ விமானங்களின் மேற்புறத்தின் மீது —மேலிருந்து பார்ப்பவர்களுக்குப் புலப்படாதவாறு தரை யுடன் இணைந்து போகும் வகையில்—பழுப்பு, கரும்பச்சை, அல்லது ஊதா வர்ணங்களும், அவற்றின் அடிப்புறத்தின் மீது—தரையிலிருந்து பார்ப்பவர்களுக்கு ஆகாயத்துடன் ஒன்றிப் போய்விடும்படி—வெளிர் நீலம், இளஞ்சிவப்பு அல் லது வெளுப்பு நிறங்களும் பூசப்படுகின்றன. இவ்வாறு உரு மறைகாப்பு செய்யப்பட்ட விமானங்கள் 750 மீட்டர் உயரத் தில் கண்ணிற்கு அனேகமாய்த் தெரிவதே இல்லை; 3,000 மீட்டர் உயரம் சென்றதும் அவை முற்றிலும் மறைந்து போய்விடுகின்றன. இரவில் செல்லும் குண்டு விமானங் களுக்குக் கறுப்பு நிறம் பூசப்படுகிறது.

எந்த நிலைமைக்கும் ஏற்றதான சிறந்த பாதுகாப்பு என்ன வென்றால், சுற்றுப்புறத்தைப் பிரதிபலிக்கச் செய்யக் கூடிய ஆடியைப் போன்ற ஒரு பரப்பே ஆகும். அப்போது, அப் பரப்பைப் பெற்ற பொருள்கள் சூழலின் நிறவமைப்புடன் ஒன்றிணைந்து விடுவதால், தூரத்திலிருந்து அவற்றை அனேக மாய்க் கண்டு கொள்ளவே இயலாது போய்விடுகிறது. முதலா வது உலகப் போரில், ஜெர்மானியர் தங்களது 'ஜெப்பலின்' ஆகாயக் கப்பல்களை உருமறைக்க இம்முறையினையே கை யாண்டனர். அவற்றின் மினுமினுக்கும் அலுமினிய உடல், வானத்தையும் மேகங்களையும் பிரதிபலிக்கச் செய்ததால், அவற்றைக் கண்டு கொள்வது — இஞ்சின் சத்தம் காட்டிக் கொடுக்காத வரையில் — மிகச் சிரமமாகவே இருந்தது.

ஜாலவித்தையாய்க் கருதப்பட்ட இந்த கண் காணு நிலை இவ்விதம் இயற்கையாலும் போர்க் கலையினுலும் நடைமுறையில் வெகுவாய்க் கையாளப்படுகிறது.

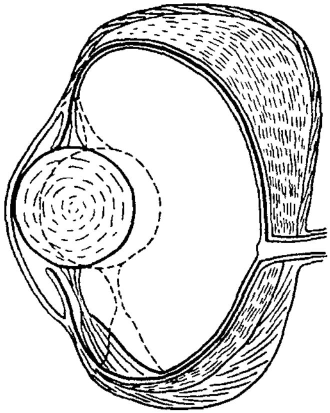
நீரினுள் கண்

நீரினுள் எவ்வளவு நேரம் வேண்டுமாஞலும் இருக்க முடிவதாகவும் கண்களைத் திறந்து வைத்துக் கொள்ள முடிவதாகவும் நினைத்துக் கொள்ளுங்கள். அப்போது உங்களால் எதையாவது பார்க்கமுடியுமா? நீர் ஒளிபுகும் தன்மையுடையதால் காற்றில் பார்க்க முடிவதைப் போலவே அங்கும் தடையின்றிப் பார்க்க முடியும் என்றே நினைப்பீர்கள்.

ஆனல் கண் காணுத மனிதனல் பார்க்க முடியாமற் போனதற்கான காரணத்தை நினைவுபடுத்திக் கொள்ளுங்கள். அவனுடைய கண்களின் விலகு விகிதமும் காற்றின் விலகு விகிதமும் ஒன்ருய் இருந்ததால்தான் அவனல் பார்க்க முடியவில்லை. காற்றில் இம்மனிதனுக்கு ஏற்பட்ட அதே நிலைமைதான் நீரினுள் நமக்கும் ஏற்படும். இதைத் தெளிவுபடுத்த இதோ சில புள்ளி விவரங்கள். நீரின் விலகு விகிதம் 1.34. மனிதனின் கண்ணில் இருக்கும் ஒளிபுகும் ஊடகங்களின் விலகு விகிதங்கள் வருமாறு: பின்கண் திரவமும் கருவிழிப் படலமும்—1.34; படிகவில்லை—1.43; முன்கண் திரவம்—1.34. படிகவில்லையின் விலகு விகிதம் நீரினுடையதைவிட பத்தில் ஒரு பங்கே அதிகமாய் இருக்கிறது; பிறவற்றின் விலகு விகிதங்களோ ஒரே அளவுள்ளனவாய் இருக்கின்றன. எனவேதான், நீரினுள் ஒளிக் கதிர்கள் விழித்திரைக்கு மிகவும் பின்னல் குவிந்து, தெளிவில்லாத ஒரு பிம்பத்தை உண்டாக்குகின்றன. மிதமிஞ்சிய கிட்டப் பார்வை உடையவர்களால்தான் நீரினுள் ஓரளவு சாதாரணமாகப் பார்க்க முடியும்.

பொருள்கள் நீரினுள் எப்படித் தோற்றமளிக்கும் என்பதைத் தெளிவாகப் புரிந்து கொள்ள வேண்டும் என்ருல், இருபுறக் குழிவுள்ள மூக்குக் கண்ணுடியை அணிந்து கொள்ளுங்கள். ஒளிக் கதிர்களை வெகுவாய் விரியச் செய்யும் இந்த லென்சுகள், கண் ஒளிவிலகலுக்குள்ளாகும் ஒளிக் கதிர்களையும் விழித்திரைக்கு மிகவும் பின்னல் குவியச் செய்து, தெளிவில்லாத ஒரு பிம்பத்தை உண்டாக்குகின்றன.

ஆனால், நீரினுள் இருக்கும் ஒருவர் அதிக விலகு விகித முள்ள மூக்குக் கண்ணாடியை உபயோகிக்க முடியாதா? சாதாரண லென்சுகள் அதிக அளவிற்குப் பயன்படா; ஏனெனில், சாதாரணக் கண்ணாடியின் விலகு விகிதம் 1.5, அதாவது நீரினுடையதைவிட (1.34) சிறிதளவே அதிகமானது; நீரினுள் அவற்றின் ஒளி விலகல் திறன் மிகக் குறைவாகவே இருக்கும். மிகவும் அதிக விலகு விகிதமுள்ள தனிவகை மூக்குக் கண்ணாடியை அணிந்து கொள்ள வேண்டும். ('பிளின்ட்'



படம் 110. மீன் கண்ணின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம். படிகவில்லை கோளவடிவில் அமைந்துள்ளது. தகவமைப்பின் போது இது வடிவை மாற்றிக் கொள்வதில்லை. மாறாக, இதன் இடம்—புள்ளிக் கோடுகளின் மூலம் காட்டப்பட்டுள்ளபடி—மாறுகிறது.

கண்ணாடி எனப்படுவதன் விலகு விகிதம் கிட்டத்தட்ட 2 ஆகும்.) இத்தகைய மூக்குக் கண்ணாடியைப் போட்டுக் கொண்டு நீங்கள் பெருமளவுக்குத் தெளிவாகவே பார்க்க முடியும். (முக்குளிப்போர்களுக்கான தனிப்பட்ட மூக்குக் கண்ணாடியைப் பற்றி அடுத்தபடி கூறுவோம்.)

மீனின் கண்ணிலுள்ள படிகவில்லை ஏன் மிகவும் குவிந்ததாய் உண்மையில் கோள வடிவுடையதாய் இருக்கிறது என்பதை இப்பொழுது நீங்கள் புரிந்து கொள்ளலாம். பிராணிகளின் கண்களை எடுத்துக் கொண்டால், மீனின் கண்ணினது விலகு விகிதமே அதிகப்பட்ச அளவுள்ளதாயிருக்கிறது. அவ்வாறில்லை என்றால், மிக்க அளவு ஒளிவிலகல் தன்மை கொண்ட நீருக்குள் இருக்கும் மீன்களுக்குக் கண்களினால் பயனேதும் இல்லாமற் போய்விடும்.

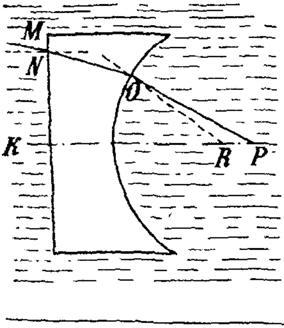
நீரில் முக்குளிப்போர் எப்படிப் பார்க்கின்றனர்?

நமது கண்களினால் நீரில் ஒளிவிலகலைப் பெரும்பாலும் செய்ய முடியாதிருக்கும் போது, முக்குளிப்பு உடையில் நீருக்கு அடியில் செல்வோரால் மட்டும் எப்படி நீரினுள் பார்க்க முடிகிறது என்று நீங்கள் கேட்கலாம். முக்குளிப்புத் தலைக்கவசத்தில் இருப்பது தட்டையான கண்ணாடிகளே அன்றி குவிந்த கண்ணாடிகள் அல்ல. ஆகவே ஜூல் வேர்னின் ''நாட்டிலஸில்'' சென்ற பயணிகள் துவாரங்களின் வழியாகச் சுற்றுப்புறக் காட்சிகளை எவ்வாறு கண்டு களிக்க முடிந்தது?

இதற்கு விடையளிப்பது எளிதேயாகும். முக்குளிப்பு உடுப்பும் தலைக் கவசமும் இல்லாமல் நாம் நீரினுள் மூழ்கும் போது நீர் நமது கண்ணுடன் நேரடியாகத் தொடர்பு கொண்டுள்ளது என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும். ஆனால் முக்குளிப்புத் தலைக் கவசத்தில் (அல்லது, ''நாட்டிலஸ்'' கப்பலில்) கண் நீரிலிருந்து ஒரு காற்றடுக்கினாலும் (கண்ணாடியினாலும்) பிரிக்கப்பட்டிருக்கிறது; இது நிலைமையைப் பெரிதும் மாற்றிவிடுகிறது. நீரிலிருந்து கிளம்பிக் கண்ணாடியினூடாகச் செல்லும் ஒளி கண்ணை அடைவதற்கு முன் காற்றினூடாகச் செல்கிறது. ஒளியியல் விதிகளுக்கிணங்கத் தட்டையான இணைக் கண்ணாடியின் மீது விழும், நீரிலிருந்து கிளம்பி வரும் ஒளிக் கதிர்கள் கண்ணாடியினூடே செல்லும் போது தங்கள் திசையை மாற்றிக் கொள்வதில்லை. ஆனால், காற்றிலிருந்து அவை கண்ணிற்குள் சென்றவுடன், கண் சாதாரணமாகச் செய்யும் அதே வினைகளைச் செய்வதால் ஒளிக் கதிர்கள் ஒளிவிலகலுக்குள்ளாகின்றன. தொட்டியிலுள்ள மீன்களை நாம் எந்தத் தடங்கலுமின்றிப் பார்க்க முடிவதற்கும் இதுவேதான் காரணம்.

நீரினுள் லென்சுகள்

உருப்பெருக்குக் கண்ணாடியை (இருபுற குவி லென்சை) நீரினுள் வைத்து நீரிலுள்ள பொருள்களை அதன் மூலம் நீங்கள் பார்த்ததுண்டா? வேடிக்கை என்னவென்றால், உருப்பெருக்குக் கண்ணாடி நீரில் பெரும்பாலும் உருப்பெருக்கம்



படம் 111. நீரில் முக்குளிப்போரின் மூக்குக் கண்ணுடி, ஒருபுறம் தட்டையாயும் மறுபுறம் குழிவாயுமுள்ள உட்கூடான லென்சுகள். MN ஒளிக் கதிர் விலகல் பெற்று MNOP பாதையில் செல்லுகிறது; லென்சுக்குள் நுழையும்போது அது செங்குத்திலிருந்து விலகியும் லென்சுக்கு வெளியே செல்லும்போது அதை (OR) நெருங்கியும் செல்லுகிறது. இவ்வாறு லென்சு ஒளி திரட்டும் கண்ணுடியாக வேலே செய்கிறது.

செய்வதேயில்லே. இருபுறக் குழி லென்சைக் கொண்டு இப்படிப் பார்க்க முயன்ருல், பொருள்களின் உருவைச் சிறிதாக்கும் ஆற்றலே அது இழந்துவிட்டதென்பதைக் காண்பீர்கள். மேலும், நீருக்குப் பதிலாக, கண்ணுடியின் விலகு விகிதத்தை விட அதிக விலகு விகிதமுள்ள ஒரு திரவத்தைப் பயன்படுத்தினீர்களாயின், இருபுறக் குவி லென்சு ஒன்று பொருள்களின் உருவைச் சிறியதாக்கும்; இருபுறக் குழி லென்சோ அவற்றின் உருவைப் பெருக்கும்.

இது ஏன் என்பதைப் புரிந்து கொள்வதற்கு ஒளிவிலகல் விதியை நினைவு கூர்ந்தால் போதும். உருப்பெருக்குக் கண்ணுடி சுற்றுப் புறத்திலுள்ள காற்றைவிட அதிக அளவிற்கு ஒளியை விலகச் செய்வதால்தான் அதனுல் உருவைப் பெரிதாக்கிக் காட்ட முடிகிறது. எனினும், லென்சின் விலகு விகிதத்திற்கும் நீரின் விலகு விகிதத்திற்குமுள்ள வித்தியாசம் மிகவும் குறைவானதால், ஒளி நீரிலிருந்து லென்சுக்குச் செல்லும் போது அதிகம் விலகுவதில்லே. இதுதான் இருபுறக் குவி அல்லது இருபுறக் குழி லென்சுகளின் விலகச் செய்யும் திறனுக்கும் காரணமாகும். எடுத்துக்காட்டாக, பிரோம் நாப்தலீன் என்பதன் விலகு விகிதம் கண்ணுடியினுடையதை விட அதிகமானது; ஆகவேதான், குவி லென்சுகள் அதில் பிம்பத்தைச் சிறிதாக்குகின்றன; குழி லென்சுகள் அதைப் பெரிதாக்குகின்றன. உட்கூடான, அல்லது காற்று நிரம்பிய லென்சுகளும் நீரின்கீழ் அங்ஙனமே செயல் புரிகின்றன. குழி லென்சுகள் பெரிதாக்குகின்றன; குவி லென்சுகள் சிறிதாக்கு

கின்றன. முக்குளிக்கும் காப்பு மூக்குக் கண்ணுடிகள் அத்தகைய காற்று நிரம்பிய லென்சுகளினுல் ஆனவையே (படம் 111).

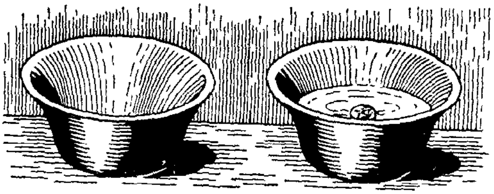
அனுபவமில்லாமல் ஆழத்தில் இறங்குவோர்

ஒளிவிலகல் விதியின் முக்கியமானதொரு விளைவைக் கவனிக்காமற் போவதனுலேயே இவர்கள் அடிக்கடி விபத்திற்குள்ளாக நேரிடுகிறது. ஒளிவிலகல் காரணமாகவே, எதுவும் நீரில் தனது உண்மையான இடத்திற்கு மேலே இருப்பதாகத் தோன்றுகிறது என்பதை இவர்கள் அறிவதில்லை. குளத்தின் அல்லது ஆற்றின் அடிமட்டம் கிட்டத் தட்ட மூன்றில் ஒரு பங்கு அளவு உயர்ந்து தெரிகிறது. இம்மாயத் தோற்றம் அடிக்கடி இவர்களை விபத்திற்குள்ளாக்குகிறது. முக்கியமாகக் குழந்தைகளும் குட்டையானவர்களும் இதை அறிந்து இருக்க வேண்டியது அவசியம்; இல்லாவிட்டால், ஆழத்தை மதிப்பிடுவதில் ஏற்படும் தவறு உயிருக்கே ஆபத்தாகி விடலாம். கண்ணுடி டம்ளரில் ஒரு ஸ்பூனின் பிம்பத்தை உருத்திரித்துக் காட்டும் (படம் 112) அதே ஒளிவிலகல் விதி தான் ஒரு நீர்நிலையின் அடிமட்டத்தையும் உயர்த்திக் காட்டுகிறது.

ஒளிவிலகலைப் பின்வருமாறு செய்து காட்டலாம். உங்கள் நண்பரை, மேசைமீது அவருக்கு முன்னுல் வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு கிண்ணத்தின் அடிமட்டத்தைப் பார்க்க முடியாதபடி உட்கார்த்தி வைக்கவும். ஒரு காசை, கிண்ணத்தின் பக்கமானது அதை அவர் கண்ணிலிருந்து மறைக்கும்படி, கிண்ணத்தின் அடிமட்டத்தில் வைக்கவும். குனியாமல் கிண்ணத்திற்குள் சிறிது நீரை ஊற்

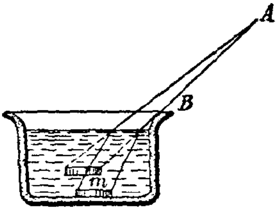
படம் 112. நீருள்ள டம்ளரில் ஸ்பூனின் உருத்திரிக்கப்பட்ட பிம்பம்.

றும்படி அவரிடம் சொல்லுங்கள். அவர் ஆச்சரியப்படும் வகையில், காசு அவருக்கு இப்போது புலப்படும்! பீச்சாங்குழலினால் நீரை எடுத்துவிட்டால், காசு மறைந்து விடும் (படம் 113).



படம் 113. கிண்ணத்தில் காசு.

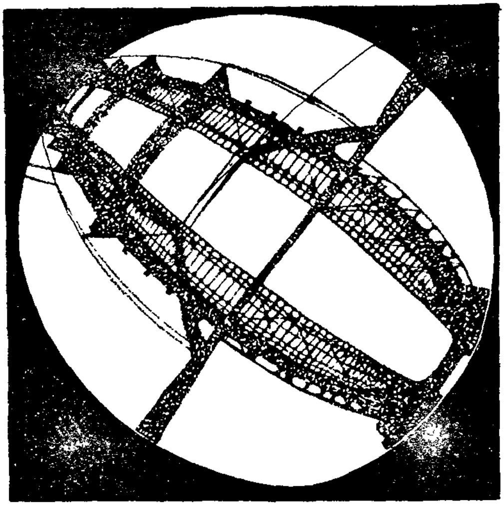
படம் 114 இதற்கு விளக்கம் தருகிறது. நீருக்கு மேல் A என்னும் இடத்திலிருந்து பார்ப்பவருக்கு m என்னும் காசு உயர்ந்திருப்பதாகத் தோன்றுகிறது. ஒளிக் கதிர்கள் நீரிலிருந்து காற்றுக்குச் செல்லுகையில் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள படி திசை திரும்பிக் கண்ணை அடைகின்றன. இங்ஙனம், இக் கோடுகள் தொடரும் இடத்தில், அதாவது, உண்மையான இடத்திற்கு மேலாக, காசு இருப்பதாகத் தோன்றுகிறது. ஒளிக் கதிர்களின் சாய்வு அதிகமாக ஆக காசும் மேலும் மேலும் உயர்ந்திருப்பதாகத் தோன்றுகிறது. ஆகவேதான், ஒரு குளத்தின் சமதளமான அடிமட்டத்தைப் படகிலிருந்து பார்க்கும் போது, அது படகிலிருந்து நேர் கீழே ஆழமாகவும், படகைச் சுற்றிலும் ஆழம் குறைவாகவும்—அதாவது அடிமட்டத்தின் உட்புறம் குழிந்திருப்பது போல்—தோற்றமளிக்கிறது.



படம் 114. படம் 113 இல் உள்ள காசு ஏன் உயர்ந்திருப்பதாகத் தோன்றுகிறது.

மாறாக, ஒரு ஆற்றின் அடிமட்டத்திலிருந்து ஆற்றின் மேலுள்ள பாலத்தைப் பார்க்க முடிந்தால், பாலம் குவிந்திருப்பது போல் (படம் 115இல் காட்டப்பட்டுள்ளபடி)

தோற்றமளிக்கும். (இப்புகைப்படம் எவ்வாறு எடுக்கப்பட்டது என்பதைப் பிறகு கூறுகிறேன்.) குறிப்பிட்ட இந்த எடுத்துக் காட்டில், ஒளிக் கதிர்கள் குறைந்த ஒளிவிலகல் திறனுள்ள ஊடகத்திலிருந்து (காற்றிலிருந்து) அதிக ஒளிவிலகல் திற

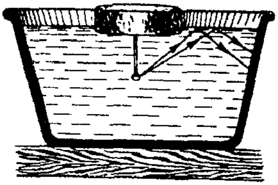


படம் 115. நீரினுள்ளிருந்து பார்ப்பவருக்கு ஆற்றின் குறுக்கேயுள்ள ரயில் பாலத்தின் தோற்றம். (பேராசிரியர் வூட் எடுத்த புகைப்படத்திலிருந்து.)

னுள்ள ஊடகத்திற்கு (நீருக்கு) செல்கின்றன; எனவேதான், நீரிலிருந்து காற்றிற்கு ஒளிக் கதிர்கள் செல்லும்போது காணப்படுவதற்கு எதிரான விளைவை இங்கே காண்கிறோம். இதே காரணத்தினால்தான் தொட்டிக்கு அருகே வரிசையாக நிற்கும் ஆட்களைப் பார்க்கும் ஒரு மீனுக்கு அவர்கள் ஒரு நேர் கோட்டில் நிற்காமல், வில்வடிவக் கோட்டில் நின்று கொண்டிருப்பதாகத் தோன்றும். (வில்லின் புடைப்பு மீனை நோக்கியிருக்கும்). மீன்கள் எவ்வாறு பார்க்கின்றன, அல்லது, மனிதனின் கண்கள் அவற்றுக்கு இருந்தால் அவை எப்படிப் பார்க்கும் என்பதைச் சற்றுப் பொறுத்துக் கூறுகிறேன்.

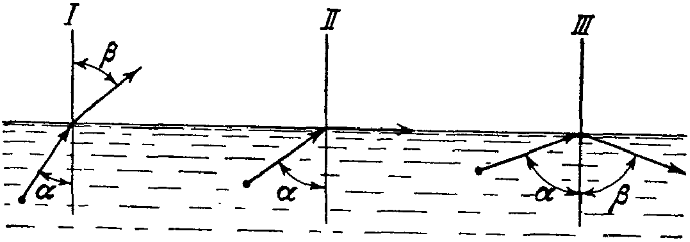
கண்ணுக்குத் தெரியாத குண்டூசி

தட்டையான கார்க் தக்கையில் ஒரு குண்டூசியைக் குத்தி, குண்டூசி கீழ்நோக்கி இருக்கும்படி ஒரு கிண்ணத்தில் அதை மிதக்க விடுங்கள். தலையை எப்படிச் சாய்த்தாலும் — குண்டூசி போதுமான அளவிற்கு நீளமாயிருந்தாலும் கூட உங்களால் குண்டூசியைப் பார்க்க முடிவதில்லை (படம் 116). குண்டூசியிலிருந்து வரும் ஒளிக் கதிர்கள் ஏன் உங்கள் கண்ணை அடைவதில்லை? ஏனெனில் அவை, பௌதிக வியலாளர்கள் குறிப்பிடும் ''முழுப் பிரதிபலிப்பு'' என்பதற்கு உள்ளாகின்றன.



படம் 116. கண்ணுக்குத் தெரியாத குண்டூசி.

ஒளிக் கதிர்கள் நீரிலிருந்து காற்றுக்கும் பொதுவாக, அதிக ஒளி விலகல் திறனுள்ள ஊடகத்திலிருந்து குறைந்த ஒளி விலகல் திறனுள்ள ஊடகத்திற்கும்—இதற்கு எதிர்த் திசையிலும் எப்படிச் செல்கின்றன என்பதைப் படம் 117 காட்டுகிறது. காற்றிலிருந்து நீருக்குள் செல்லும் போது, ஒளிக் கதிர்கள் நேர்க்குத்தை நெருங்கி வரும்படி திசை மாறுகின்றன — எடுத்துக்காட்டாக, நேர்க்குத்திற்கு β

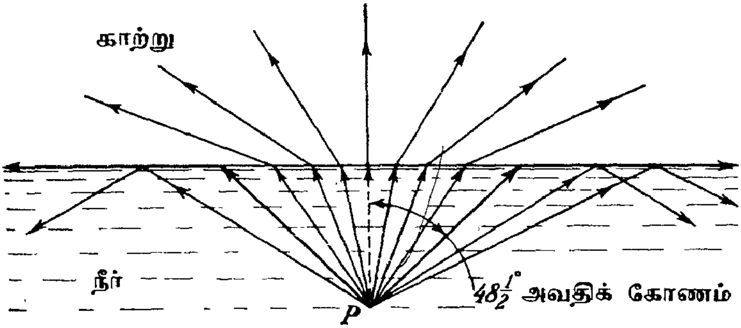


படம் 117. ஒளிக் கதிர் நீரிலிருந்து காற்றுக்குள் செல்லும் போது ஏற்படும் ஒளிவிலகலின் பல்வேறு நிலைகள். நிலை IIஇல் ஒளிக் கதிர் நேர்க்குத்திற்கு அவதிக் கோணப் பாதையில் நீர் மட்டத்தை அடைந்து அதன்மீது சுறுக்கினாற் போல் செல்லுகிறது. நிலை IIIஇல் முழுப் பிரதிபலிப்பு நிகழ்கிறது.

கோணத்தில் நீர்ப் பரப்பின்மீது படும் ஓர் ஒளிக் கதிர், βயை விடக் குறைவான α கோணத்தில் நீருக்குள் நுழைகிறது (படம் 117, I; அம்புக் குறிகள் எதிர்த் திசையைக் காட்டுவதாகக் கொள்ள வேண்டும்). ஆனால், படு கதிர் நேர்க்குத்திற்குக் கிட்டத்தட்டச் செங்கோணத்தில் நீர்ப் பரப்பின் மீது சறுக்கிச் சென்றால் என்ன நேருகிறது? செங்கோணத்தைவிடக் குறைவான ஒரு கோணத்தில், அதாவது 48.5 டிகிரி கோணத்தில் அது நீரினுள் புகும். 48.5 டிகிரியைவிட அதிகமான கோணத்தில் ஒளிக் கதிர் நீரினுள் புக முடியாது. ஏனென்றால் இந்தக் கோணம் நீருக்கு ''அவதி'' அளவுள்ளதாயிருக்கும். கீழே கூறப்படும் ஒளிவிலகல் விதிகளின் சிறிதும் எதிர்பாராத விசித்திர விளைவுகளைப் புரிந்து கொள்வதற்கு இந்த எளிய உறவுகள் தெரிந்திருக்க வேண்டும்.

பல்வேறு கோணங்களில் நீர்ப்பரப்பின் மீது படும் ஒளிக் கதிர்கள், நீரின்கீழ் $48.5+48.5=97$ டிகிரி அளவுள்ள ஒரு கூம்பிற்குள் அடக்கப்படுகின்றன என்பதை நாம் சற்று முன் தெரிந்து கொண்டோம். இப்போது, ஒளிக் கதிர்கள் எதிர்த் திசையில்—**நீரிலிருந்து காற்றுக்கு**—எவ்வாறு செல்கின்றன என்பதைக் கவனிப்போம் (படம் 118). ஒளியியல் விதிகளின் படி, ஒளிக் கதிர்கள் அதே பாதைகளில்தான் செல்லும். மேற்குறிப்பிட்ட 97 டிகிரி கூம்பிற்குள் அடைபட்டுள்ள எல்லா ஒளிக் கதிர்களும் 180 டிகிரி அளவில் நீருக்கு மேலுள்ள அரைவட்டம் நெடுகிலும் விரிந்து கொண்டு, வெவ்வேறு கோணங்களில் வெளிப்படும்.

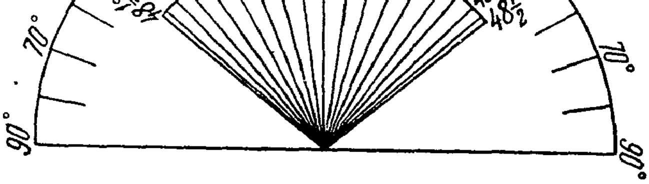
மேற்குறிப்பிட்ட கூம்பிற்கு வெளியேயிருக்கும், நீரின் கீழுள்ள ஓர் ஒளிக் கதிர் எங்கே போகும்? அது வெளியில் **வரவே வராது; ஓர் ஆடியிலிருந்து பிரதிபலிக்கப்படுவதைப் போல் நீர்ப்பரப்பிலிருந்து அது பிரதிபலிக்கப்படும்.** பொதுவாகச் சொன்னால், ' அவதிக் கோணத்தைவிட—48.5 டிகிரியை விட—அதிக அளவுள்ள கோணத்தில் நீருக்குள்ளிருந்து நீர்ப் பரப்பின் மீது விழும் ஒளிக் கதிர் ஒவ்வொன்றும் ஒளிவிலகலுக்குள்ளாகாமல் பிரதிபலிக்கப்பட்டுவிடும். பௌதிகவியலாளர் கூறுவதுபோல், அது ''முழுப் பிரதிபலிப்புக்கு'' உள்ளாகிறது (எல்லாப் படு கதிர்களும் பிரதிபலிக்கப்படுவதால், குறிப்பிட்ட இப்பிரதிபலிப்பு முழுப் பிரதிபலிப்பு எனப்படுகிறது. பளபளப்பாக்கப்பட்ட மக்னீசியத்தினால் அல்லது



படம் 118. நேர்க்குத்திற்கு அவதிக் கோணத்தைவிட (நீருக்கு 48.5°) அதிக அளவுள்ள கோணத்தில் P என்னும் புள்ளியிலிருந்து வரும் ஒளிக் கதிர்கள் நீரின் கீழிருந்து வெளியே வருவதில்லை; அவை உள்ளேயே முழுதாகப் பிரதிபலிக்கப்படுகின்றன.

வெள்ளியினுல் ஆகிய ஆடி போன்ற மிகச் சிறந்த ஆடிகள்கூட படு கதிர்களின் ஒரு பகுதியையே பிரதிபலிக்கின்றன; எஞ்சியதைக் கிரகித்துக் கொண்டுவிடுகின்றன. நான் குறிப்பிட்ட நிலைகளில் நீர் ஒரு லட்சிய ஆடியைப் போன்று இருக்கின்றது).

ஒரு ''பௌதிகவியலாளராய் இருக்கும் மீனுக்கு''—



படம் 119. நீரின் கீழிருந்து பார்ப்பவனுக்கு 180° அளவுள்ள வெளி உலகின் வில் பகுதி 97° அளவுள்ள வில்லிற்குள் ஒடுங்கிக் குறுகிவிடுகிறது. உச்சியிலிருந்து (0°)வில் பகுதிகளின் தொலைவு அதிகமாக ஆக இந்த ஒடுக்கம் மேலும் மேலும் அதிகமாகிறது.

அல்லது ''மீனாய் இருக்கும் பௌதிகவியலாளருக்கு'' என்று சொல்ல வேண்டுமோ என்னவோ—ஒளியியலின் பிரதானமான பகுதி ''முழுப் பிரதிபலிப்பாகவே'' இருக்கும்; ஏனெனில் நீரினுள்ளான அதன் பார்வைக்கு இதுவே முக்கியமானதாகும். நிற்க, மீன் செதில்களின் வெள்ளி நிறத்துக்கு நீரினுள்ளான இந்தப் பார்வையின் சிறப்பியல்புகளே காரணமாய் இருக்கலாம். வெள்ளி நிறச் செதில்கள் மேலேயிருக்கும் நீர்க்''கூரைக்கு'' ஏற்ற தகவமைப்பாகுமென விலங்கியலாளர்கள் கருதுகின்றனர். கீழேயிருந்து பார்த்தால், ''முழுப் பிரதிபலிப்பு'' காரணமாக, நீரின் பரப்பு ஆடியைப் போன்று இருக்கும் என்பது நமக்குத் தெரியும். இந்த ஆடியின் பின்னணியில் வெள்ளி நிறச் செதில்கள், மீன்களை அடியாழங்களிலுள்ள அவற்றின் பகைவர்களுடைய கண்ணுக்குத் தெரியாதபடிச் செய்து காப்பளிக்கின்றன.

நீரினுள்ளிருந்து பார்க்கையில் கிடைக்கும் தோற்றம்

நீரினுள்ளிருந்து பார்த்தால் இவ்வுலகம் எவ்வளவு விசித்திரமாய் இருக்கும் என்பது மிகப் பலருக்கும் தெரிந்திருக்காது. அடையாளம் தெரியாதபடி இவ்வுலகம் அப்படி உருமாறித் தோற்றமளிக்கும்.

நீங்கள் நீரினுள்ளிருந்து உலகை உற்று நோக்குவதாய்க் கற்பனை செய்து பாருங்கள். தலைக்கு மேலே உள்ள மேகங்கள் எப்போதும் போலவே காட்சியளிக்கும்; ஏனெனில் நேர்க்குத்தாக விழும் ஒளிக்கதிர்கள் ஒளிவிலகலுக்குள்ளாவதில்லை. ஆனால் மற்றவை யாவும்—அவற்றிலிருந்து வரும் ஒளிக் கதிர்கள் நீர்ப்பரப்பின் மீது குறுங்கோணங்களில் விழுவதால்—ஒளி விலகலுக்குள்ளாகி உருமாறியிருக்கும். அவை மிகவும் ஒடுங்கிக் குறுகித் தோன்றும்; படுகோணம் எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு குறுகி உள்ளதோ அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு அவை அதிகமாய் ஒடுங்கிக் குறுகித் தோற்றமளிக்கும். நீருக்கு மேலே 180 டிகிரி வில் வடிவத்தில் பரந்திருக்கும் எதுவும் 97 டிகிரி கூம்பிற்குள்—கிட்டத்தட்டப் பாதியளவிற்குள்—ஒடுங்கியிருக்க வேண்டியிருப்பதனால் இதில் வியப்பு ஒன்றுமில்லை; பிம்பங்கள் உருமாறியே இருக்கும். [10]

டிகிரி கோணத்தில் நீர்ப் பரப்பின் மீது விழும் ஒளிக் கதிர்களையுடைய பொருள்கள் எல்லாம், நீரின் கீழிருந்து பார்ப்பவனுக்குத் தெளிவாகத் தெரியாதிருக்குமளவிற்கு நிரம்பவும் ஒடுங்கி குறுகிவிடுகின்றன.

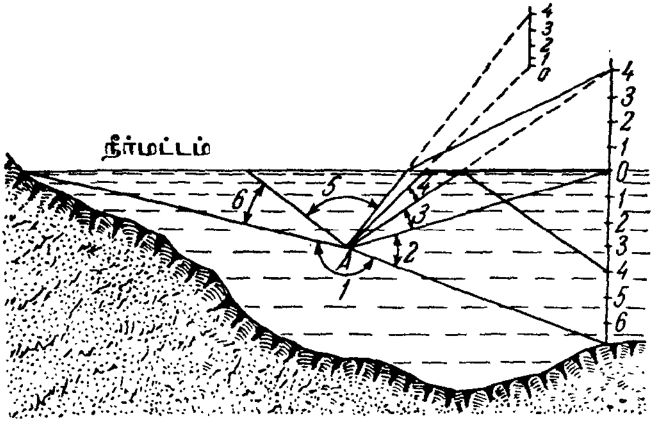
ஆனல், நீரினுள்ளிருந்து பார்ப்பவனுக்கு மிகுந்த ஆச்சரியத்தை உண்டாக்குவது எதுவாயிருக்கும் என்ருல், அது நீர்ப்பரப்பின் வடிவமேயாகும். அது தட்டையாகத் தோன்றுவதற்குப் பதிலாகக் கூம்பு வடிவமுள்ளதாகத் தோன்றும். செங்கோணத்தைவிடச் சிறிதளவே அதிகமான—97 டிகிரி—அளவிற்கு விரிந்துள்ள பக்கங்களையுடைய புனலின் அடிமட்டத்தில் நீங்கள் இருப்பதாக நினைத்துக் கொள்ளுவீர்கள். புனலின் மேல் விளிம்புக்கு அருகே சிவப்பு, மஞ்சள், பச்சை, நீலம், ஊதா ஆகிய நிறங்களாலான பளிச்சிடும் வளையத்தைக் காண்பீர்கள். இதற்குக் காரணம், வெள்ளை ஒளியில் அடங்கியுள்ள பல்வேறு நிறப் பகுதிகளின் வெவ்வேறு விலகு விகிதங்களும், எனவே அவற்றின் வெவ்வேறு ''அவதிக்'' கோணங்களுமேயாகும்.

இவ்வண்ண விளிம்புக்கப்பால் நீங்கள் எதைப் பார்ப்பீர்கள்? மினுமினுப்பான நீரின் பரப்பினையே காண்பீர்கள். இந்த நீர்ப் பரப்பில் நீரினுள் இருக்கும் யாவும் ஆடியில் பிரதிபலிப்பது போல பிரதிபலிக்கப்படும்.

நிற்க, பாதி நீருக்கடியிலும் பாதி வெளியிலுமாக இருக்கும் எதுவும் நீரினுள்ளிருந்து பார்ப்பவருக்கு மிகவும் விசித்திரமாகத் தோற்றமளிக்கும்.

ஆழமானி (ஆழம் அளக்கும் கருவி) ஒன்று ஆற்றின் மேல்மட்டத்திற்குமேல் துருத்திக் கொண்டிருப்பதாக வைத்துக் கொள்ளலாம் (படம் 120). நீரினுள்ளிருந்து A என்னும் இடத்தில் இருக்கும் ஒருவனுக்கு என்ன தென்படும்? பார்க்கக் கூடிய 360 டிகிரி அளவுப் பரப்பை வெவ்வேறு பகுதிகளாகப் பிரித்துக்கொண்டு, ஒவ்வொன்றையும் தனித்தனியே கவனிக்கலாம். கோணம் 1இன் எல்லைகளுக்குள், போதுமான வெளிச்சம் மட்டும் இருக்குமேயாஞல், ஆற்றின் அடித்தளத்தை அவன் காண்பான். கோணம் 2இன் எல்லைகளுக்குள் ஆழமானியின் நீரினுள்ளிருக்கும் பகுதியை உருத்திரிபு எதுவுமின்றி அவ்வாறே காண்பான். கிட்டத்தட்ட கோணம் 3இன் எல்லைகளுக்குள், ஆழமானியின் இதே பகுதியின் பிரதிபலிப்

பைக் காண்பான்—ஆனல், "முழுப் பிரதிபலிப்பு" காரண மாக அது தலை கீழாகத் தெரியும். சற்று மேலே, ஆழமானி யின் நீருக்கு வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் பகுதியைக் காண்பான்; ஆனல் அது நீரில் அமிழ்ந்துள்ள பகுதியின்

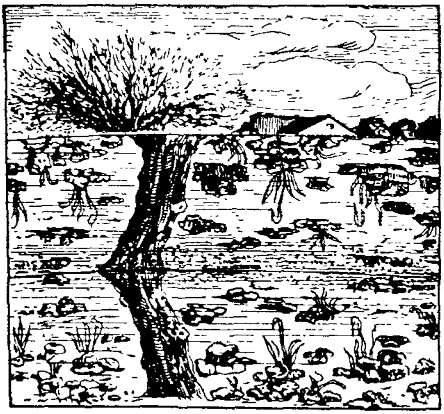


படம் 120. நீரினுள் Aஇலிருந்து பார்ப்பவனுக்குப் பாதி அமிழ்ந்துள்ள ஆழமானியின் தோற்றம். கோணம் 2இல் அதன் அமிழ்ந்திருக்கும் பகுதி மங்கலாகக் காணப்படுகிறது. கோணம் 3இல் நீர் பரப்பிலிருந்து பிரதிபலிக்கப்படும் அதன் பகுதியும், இன்னும் மேலே வெளியே துருத்திக் கொண்டிருக் கும் ஆழமானியின் பகுதி சுருங்கியும் அதன் எஞ்சிய பகுதி யிலிருந்து தனியாகப் பிரிந்தும் காணப்படுகிறது. கோணம் 4இல் ஆற்றின் தரை பிரதிபலிக்கப்படுகிறது. கோணம் 5இல் நீருக்கு மேலே உள்ள உலகு முழுவதும் கூம்பு வடிவில் காணப் படுகிறது. கோணம் 6இல் நீரின் பரப்பிலிருந்து பிரதிபலிக் கப்படுவது தரைத்தளம். கோணம் 1இல் ஆற்றின் தரை மங்கலாகக் காணப்படுகிறது.

தொடர்ச்சியாக இல்லாது, அதிக உயரத்திலும், அடிப்பகுதியி லிருந்து முற்றிலும் தனித்துப் பிரிந்தும் இருப்பதாகக் காண் பான். காற்றில் தனித்திருப்பதாகத் தோற்றமளிக்கும் ஆழ மானியின் இந்தப் பகுதி, உண்மையில், நீருக்கடியில் பார்த்த அதே ஆழமானியைச் சேர்ந்ததுதான் என்று அவனுக்கு ஒரு போதும் தோன்ருது. மேலும் ஆழமானி, முக்கியமாகக் கீழ்ப் பகுதியில், மிகவும் அமுக்கப்பட்டிருப்பது போலவும்,

அப்பகுதியிலுள்ள் அதன் பிரிவுகள் குறிப்பிடத்தக்க அள விற்குத் தடிமனுகவும் தோன்றும்.

நீரின் கீழிருந்து பார்ப்பவனுக்கு வேனிற் காலத்து வெள் ளத்தில் மூழ்கிய கரையில் இருக்கும் மரம் ஒன்று படம் **121** இல் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோல் காட்சியளிக்கும். குளிப்ப

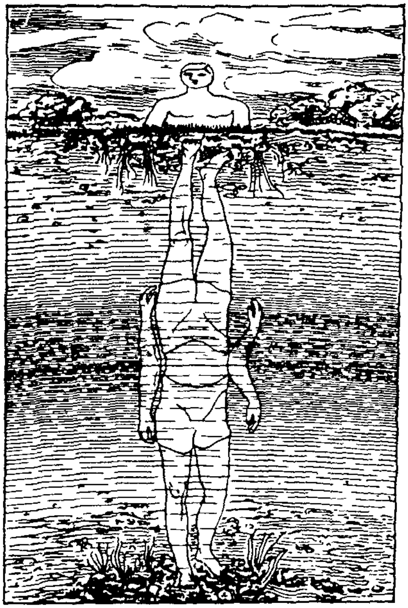


படம் *121.* நீரினுள்ளிருந்து பார்ப் பவனுக்குத் தோன்றும் பாதி யளவு நீரினுள் இருக்கும் மரம். (படம் 120உடன் ஒப்பிடவும்.)

வன் ஒருவன் படம் 122இல் காட்டப்பட்டிருப்பது போல் தோற்றமளிப்பான். நீரிலுள்ள மீனுக்கு யாவும் இவ்வித மாகவே தோற்றமளிக்கும்! ஆழமில்லாத இடத்தில் நீரில் நடந்து செல்லும் ஒருவன், பிளவுற்ற இரு ஆட்களாக மீனுக்குத் தோற்றமளிப்பான். மேல் உருவம் கால் அற்றதாகவும், அடியிலுள்ள உருவம் தலையற்றதாகவும், ஆனுல் நான்கு கால்களுடன் கூடியதாகவும் தென்படும். நீரினுள்ளிருந்து பார்க்கும் மீன் இருக்கும் இடத்திலிருந்து அவன் தொலை வுக்குச் செல்லச் செல்ல, அவனுடைய உடலின் மேற்பகுதி மேலும் மேலும் ஒடுங்கிக் குறுகிவிட்டதாய்த் தெரியும். முடிவில் மிதக்கும் தலை மட்டுமே தெரியும்.

இதை நாமே நேரில் சோதித்துப் பார்க்க முடியுமா? நீரினுள் முழுகிக் கண்களைத் திறந்து வைத்துக் கொண்

டிருக்க முடிந்தாலும்கூட, நமக்கு எதுவுமே தெரிவதில்லை. முதலாவதாக, நீருக்கு அடியில் நாம் இருக்கக் கூடிய சில விநாடி நேரத்தில் நீர்ப்பரப்பு அமைதியான நிலைக்கு வருவது இயலாது; சிற்றலைகளுடன் கூடிய நீர்ப் பரப்பில் எதையும் தெளிவாகக் காண்பது மிகவும் சிரமம். இரண்டாவதாக,



படம் 122. நீரினுள்ளிருந்து பார்ப்பவனுக்குத் தோன்றும் மார்பு அளவு நீரிலிருக்கும் மனிதன். (படம் 120உடன் ஒப்பிடவும்.)

நான் ஏற்கனவே குறிப்பிட்டிருப்பதுபோல், நீரின் ஒளிவில கல் திறன் கண்ணின் ஒளிபுகும் பகுதிகளின் ஒளிவிலகல் திற னுக்குக் கிட்டத்தட்ட சமமாயிருப்பதனால், விழித்திரையில் விழும் பிம்பம் தெளிவற்றதாய் இருக்கிறது. முக்குளிப்பு மணி அல்லது முக்குளிப்புத் தலைக்கவசம் இவற்றின் உள் ளிருந்தோ நீர்மூழ்கிக் கப்பலின் சாளரத்தின் வழியாகவோ

பார்ப்பதும் பயன்படாது. பார்ப்பவன் நீருக்கு அடியில் இருக்கிறான் என்றாலும், அவனுக்கு நீரினுள்ளிருந்து பார்ப்பவனது பார்வை கிட்டாது. ஒளிக் கதிர்கள் அவன் கண்ணை அடையுமுன் அவை மீண்டும் காற்றினூடே செல்ல வேண்டியிருக்கிறது என்றும், அவை எதிர் ஒளி விலகல் அடையும் என்றும் முன்னரே விளக்கியுள்ளேன். அப்போது, அவை முதலிலிருந்த பாதைக்கே திரும்பிவிடும், அல்லது நீரில் ஒளிவிலகல் ஏற்படும் போதுள்ள கோணத்தின் அளவிற்கு மாறுபட்ட ஒரு கோணத்தில் திசை மாறிச் செல்லும். எனவேதான், நீர்மூழ்கியின் கண்ணாடிச் சாளரங்கள் வழியாகப் பார்த்தால், நீரினுள்ளிருந்து பார்ப்பவனது பார்வை உண்மையில் எப்படி இருக்கும் என்பதைக் காட்டுவதில்லை.

ஆயினும், நீரினுள்ளிருந்து பார்ப்பவனது பார்வையைப் பெறுவதற்கு நாமே நீரில் மூழ்க வேண்டிய அவசியமில்லை. வழக்கமான லென்சுக்குப் பதிலாக, நடுவில் துளையுள்ள உலோகத் தகட்டுடன் கூடிய, நீர் நிரப்பப்பெற்ற புகைப்படக் காமிரா ஒன்றைப் பயன்படுத்தி, நீரினுள்ளிருந்து பார்ப்பவனது பார்வை எப்படியிருக்கும் என்பதை அறிந்துகொள்ளலாம். துவாரத்திற்கும் ஒளியினால் பாதிக்கப்படும் புகைப்படத் தட்டிற்குமிடையேயுள்ள இடைவெளி நீரினால் நிரப்பப்பட்டிருந்தால், நீரினுள்ளிருந்து பார்ப்பவருக்கு வெளியுலகம் எவ்வாறு தோன்றுமோ அவ்வாறே புகைப்படத் தட்டிலும் அது தோன்ற வேண்டும். இவ்வாறுதான், அமெரிக்கப் பௌதிகவியலாளரான பேராசிரியர் வூட் விசித்திரமான புகைப்படங்களை எடுத்தார்—அவற்றுள் ஒன்றுதான் 115ஆம் படத்தில் காட்டப்பட்டிருப்பது. நேரான பாலம் ஒரு வில்லைப் போல் ஏன் தோற்றமளிக்கிறது என்பதையும் விளக்கியிருக்கிறேன்.

நீரினுள்ளிருந்து பார்ப்பவனுக்குத் தெரியும் ''தோற்றத்தை'' இன்னொரு வகையிலும் பெற முடியும். அதாவது, ஏரி ஒன்றின் அமைதியான நீரினுள் ஓர் ஆடியை முக்கி, அதைத் தக்க கோணத்தில் சாய்த்து, நீருக்கு மேலேயுள்ள பொருள்களின் பிம்பத்தை அதில் காணுவதாகும். கோட்பாட்டு நோக்கில் மேலே கூறியவை அனைத்தையும் கடைசி விவரம் வரை இது உறுதிப்படுத்தும்.

சுருங்கக் கூறினால், ஒளிபுகும் நீரடுக்கு, அப்பால் உள்ள எதையுமே உருமாற்றிப் புலப்படுத்தி, கண்ணிற்கு விசித்திர

மான வடிவங்களும் உருவங்களும் உள்ளதாகத் தோன்றும் படி செய்கிறது. நிலத்தில் வாழும் பிராணி ஒன்று திடீரென நீரில் வசிக்க முற்பட்டால்—அதனால் அவ்வாறு செய்ய முடியுமாயின் — அதனால் தனது பழைய இருப்பிடத்தை அடையாளம் கண்டு கொள்ள முடியாமற் போய்விடும்; ஒளிபுகும் நீரின் வாயிலாகப் பார்க்கும் போது பழைய இருப்பிடம் அறவே மாறுபட்டுத் தோற்றமளிக்கும்.

நீராழங்களில் பல்வேறு வண்ணங்கள் எவ்வாறு தோற்றமளிக்கின்றன

அமெரிக்க உயிரியலாளர் பீப், நீரினுள் ஆழத்துக்கேற்ப வண்ணங்கள் எப்படி மாறிச் செல்கின்றன என்பதை அழகாக விவரித்திருக்கிறார்.

''காலை 9:41க்கு நீரினுள் மூழ்கினோம். பலமுறை நான் இந்த அனுபவத்தைப் பெற்றிருப்பினும் பசும்பொன்-மஞ்சள் வண்ண உலகிலிருந்து பச்சை வண்ண உலகிற்குத் திடீரென ஏற்பட்ட இந்த மாற்றம் எதிர்பாராததாகவே இருந்தது. நுரையும் காற்றுக் குமிழிகளும் கண்ணாடியிலிருந்து விலகிய பின், நாங்கள் பசுமை நிறத்தில் மூழ்கிவிட்டோம். எங்கள் முகங்கள், தட்டுக்கள், கருமையான சுவர்கள்கூட பச்சை மேனி பெற்றுவிட்டன. ஆயினும் கப்பலிலிருந்து நாங்கள் கரு நீல நீருக்குள் மூழ்குவதாய் நினைத்தே கீழே சென்றோம்...

''...முதல் முழுக்கிலேயே நிறமாலையின் கண்ணிற்குக் குளுமையான கதிர்கள் மறைந்துவிடுகின்றன. சிவப்பு வண்ணமும் ஆரஞ்சு நிறமும் என்றுமே இருந்திராதது போல் மறைந்துவிடுகின்றன. மஞ்சளும் விரைவில் பச்சையில் கலந்து கரைந்துவிடுகிறது. பூமியின் மேற்பரப்பில் இந்நிறங்களை நாம் போற்றி மகிழ்கிறோம்; 100 அடி அல்லது அதற்குச் சற்று அதிக ஆழத்தில் இவை நீக்கப்பட்டுவிடும் போது, நிறமாலையின் ஆறில் ஒரு பங்குக்குரிய நிறங்கள்தான் என்ற போதிலும், எஞ்சிய எல்லா நிறங்களும் இருண்டு போய் மகிழ்ச்சியற்ற, உயிரற்ற சூழல் குடிகொள்வது போலாகி விடுகிறது.

''நாங்கள் கீழே செல்லச் செல்ல, சிறிது சிறிதாய் பச்சை மங்கிச் சென்றது. 200 அடி ஆழத்தில் நீர் பச்சை கலந்த

நீலமாயிருந்ததா அல்லது நீலம் கலந்த பச்சையாயிருந்ததா என்று சொல்ல முடியவில்லை....

''600 அடி ஆழத்தில் நிறம் ஒளிரும் கருநீலமாகத் தோன்றிற்று.... பிரகாசமாயிருந்ததாகத் தோன்றினாலும், அதற்கு ஒளிர்வுத் திறன் இல்லாததனால், படிப்பதற்கோ எழுதுவதற்கோ பயனற்றதாயிருந்தது....

''கருநீலம், ஆழ்ந்த சாம்பல் நீலம் என்று நீரின் நிறத்திற்குப் பெயரிட முயன்றேன். நீலம் மறையும்போது, அதன் இடத்தில் கண்ணால் காணக் கூடிய நிறமாலையின் இறுதியான ஊதா தோன்றாதது சற்று விசித்திரமாகவே இருக்கிறது. பெரும்பாலும் அது கிரகிக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். நீல நிறத்தின் கடைசிச் சாயலும் பெயர் சொல்ல முடியாத ஒரு சாம்பல் நிறமாகி, இதுவும் முடிவில் கறுப்பாக மாறி விடுகிறது. இம்மட்டத்திற்குக் கீழே கண் தடுமாறுகிறது; மனமும் தெளிவான நிற வேறுபாடுகளைக் கண்டு கொள்ளும் திறனை இழந்துவிடுகிறது. இறுதியில் சூரியனும் தோல்வியுற்று நிறம் அடியோடு மறைந்தொழிந்துவிடுகிறது. இரு நூறு கோடி ஆண்டுகளாய் இப்படித்தான் இவ்விடம் கன்னங்கரேலெனக் கறுப்பாய் இருந்துள்ளது; முடிவில் மனிதன் இங்கே ஊடுருவி மஞ்சள் நிற மின்னொளியைப் பாய்ச்சும் வரை காரிருளாகவே இருந்துள்ளது.''

மிகுந்த ஆழங்களிலுள்ள இருளைப் பற்றி பீப் பிறிதோரிடத்தில் கூறுகிறார்:

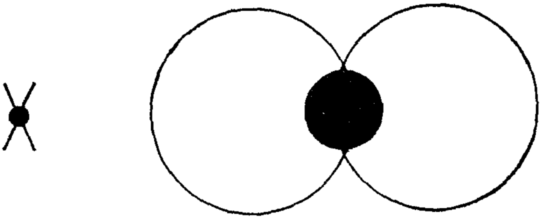
''சில நாட்களுக்குமுன் 2,500 அடி ஆழத்தில் நீர், கற்பனையையும் மிஞ்சிய ஒரு கறுப்பு நிறத்துடன் இருப்பதாகத் தோன்றிற்று; எனினும் இப்போது அதே கற்பனைக்கு இது கறுப்பையும்விட அதிகக் கறுப்பாகத் தோன்றியது. பூமியின் மேற்பகுதியில் வரும் இரவுகளை எல்லாம் இனி அந்தி ஒளியின் பல்வேறு நிலைகளாகவே கருத வேண்டும். 'கறுப்பு' என்னும் சொல்லை இனி என்னால் திட உறுதியோடு உபயோகிக்க முடியாது.''

கண்ணில் குருட்டுப் புள்ளி

உங்களுக்கு நேர் எதிரே, உங்களால் பார்க்க முடியாத ஒரு சிறு இடம் இருக்கிறது என்று சொன்னால் நீங்கள் நம்ப மாட்டீர்கள். இப்படிப்பட்ட ஒரு முக்கிய குறைபாட்டை

நாம் வாழ்வெல்லாம் கவனிக்காமலா இருந்துவிடுகிறோம் என்று கேட்பீர்கள், மெய்யாகவே இப்படி ஒரு குறைபாடு இருப்பதைப் பின்வரும் எளிய பரிசோதனை தெளிவுபடுத்தும்.

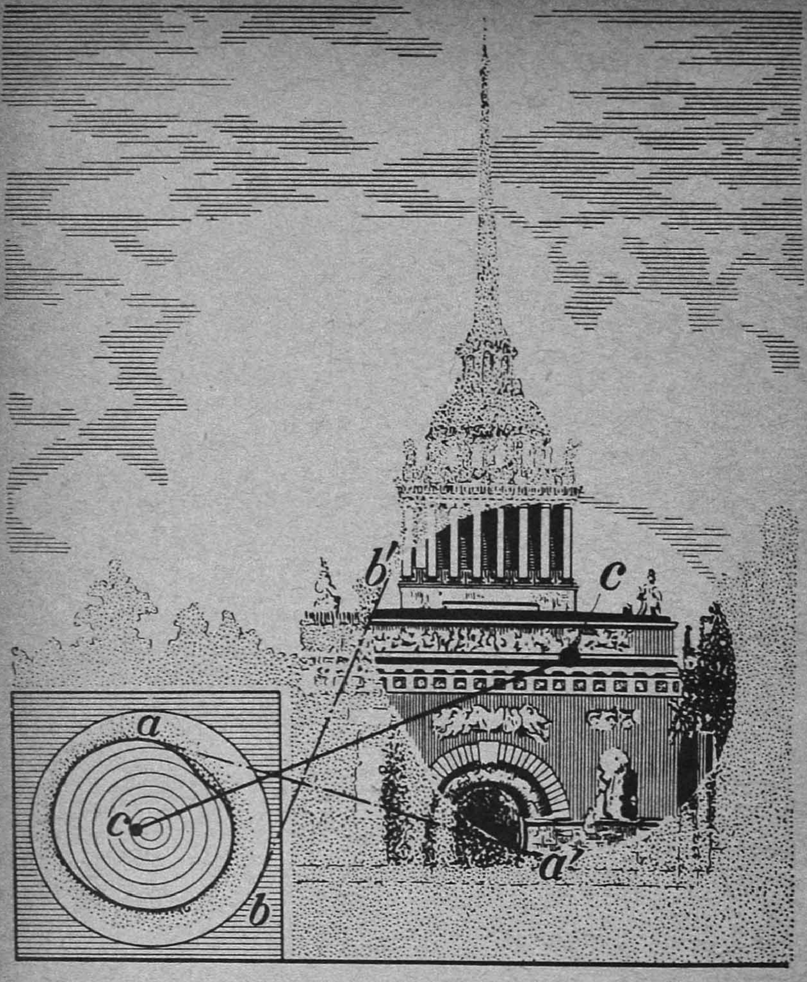
படம் 123ஐ உங்களது வலது கண்ணிலிருந்து சுமார் 20 சென்டிமீட்டர் தூரத்தில் பிடித்துக் கொள்ளவும்; இடது கண்ணைக் கையினுல் மூடிக் கொண்டு, இடது பக்கத்திலுள்ள பெருக்கல் குறியைப் பார்க்கவும். பின்னர், படிப்படியாகப் படத்தை அருகில் கொண்டுவரவும். குறிப்பிட்ட ஒரு கணத்தில் இரு வட்டங்களும் வெட்டுமிடத்தில் இருக்கும் பெரிய



படம் 123. குருட்டுப் புள்ளி இருப்பதைக் காட்டும் பரிசோதனை.

கறுப்புப் புள்ளி திடீரென அறவே மறையும். உங்கள் கண்ணின் பார்வைப் புலத்திற்குள்ளேதான் இன்னமும் இருக்கிறது என்றுலும் இந்தப் புள்ளியை உங்களால் பார்க்க முடியவில்லை. **இடமும் வலமும் உள்ள இரண்டு வட்டங்களும் முற்றிலும் தெளிவாகவே தெரிகின்றன!**

பிரபல பௌதிகவியலாளரான மாரியட் சிறிதளவு மாறிய வடிவில் 1668இல் இப்பரிசோதனையைச் செய்து காட்டி பதினுன்காவது லுயீ மன்னனின் அரசவையினரை மகிழ்வித்தார். இரண்டு மீட்டர் தொலைவில் ஒருவரையொருவர் நோக்கியிருக்குமாறு அரசவையினர் இருவரை உட்கார வைத்து, சிறிதே ஒருபுறமாகத் தள்ளி வைக்கப்பட்டிருந்த புள்ளி ஒன்றை ஒரு கண்ணை மூடிக் கொண்டு பார்க்கும்படிச் சொன்னர் மாரியட். அப்பொழுது இவர்கள் இருவரும் தத்தமக்கு எதிரில் இருப்பவர் தலையில்லாதவராய்த் தோன்றக் கண்டனர்!



படம் 124. ஒரு கண்ணால் கட்டிடத்தைப் பார்க்கும் போது பார்வைப் புலத்திலுள்ள C என்னும் சிறு பிரிவின் பிம்பம் குருட்டுப் புள்ளியில் (c) விழுவதால் அப்பிரிவு கண்ணுக்குத் தெரியவில்லை.

17ஆவது நூற்றாண்டில்தான் நமது கண்ணின் விழித்திரையில் இப்படி குருட்டுப் புள்ளி ஒன்று இருப்பதை அறிந்து கொண்டோம். விழித்திரையில் பார்வை நரம்புகள் நுழை

யும் இந்த இடத்தில் ஒளி உணர்ச்சிகள் உள்ள உயிரணுக்கள் கிடையா.

நமது பார்வையில் இக்கறுப்புத் ''திட்டு'' இருப்பதை நாம் கவனிப்பதில்லை; ஏனெனில் நெடுங்காலமாக அதற்கு நாம் பழக்கப்பட்டுவிட்டோம்; மேலும் அதனால் ஏற்படும் குறையை நமது கற்பனை நம்மை அறியாமலேயே ஈடு செய்து விடுகிறது. இவ்வாறாக, படம் 123இல் உள்ள கறுப்புப் புள்ளியை நாம் பார்க்காவிட்டாலும்கூட, வட்டங்களின் கோடுகள் தொடர்வதாக மனத்தில் எண்ணிக் கொண்டு, அவை ஒன்றை ஒன்று வெட்டிக் கொள்வதைத் தெளிவாகப் பார்ப்பதாய் நினைக்கிறோம்.

நீங்கள் மூக்குக் கண்ணாடி அணிந்திருக்கிறீர்களா? அப்படியானால், பின்வரும் பரிசோதனையைச் செய்து பாருங்கள். அதன் லென்சுகளுள் ஒன்றின் மீது சிறு காகிதப் பட்டையை —நடு மையத்தில் மட்டும் இல்லாமல்—ஒட்டவும். முதலில் சில நாட்களுக்கு இது தொந்துரவாக இருக்கும். ஆனால், ஓரிரு வாரங்களுக்குப் பிறகு அது இருப்பதையே கவனிக்க மாட்டீர்கள். நிற்க, மூக்குக் கண்ணாடியில் கீரல் ஏற்பட்டு அதன் பிறகும் நீங்கள் அதை அணிய நேரும் போது ஆரம்பத்தில் மட்டுமே சிரமாய் இருக்கும். நமது கண்ணின் குருட்டுப் புள்ளியை நாம் கண்டு கொள்ளாமல் இருப்பதற்குப் பழக்கமே, பழக்கம் மட்டுமேதான் காரணம். மேலும், இரு கண்களிலும் இருக்கும் குருட்டுப் புள்ளிகள் இரு பார்வைப் புலங்களிலும் வெவ்வேறு இடங்களைக் குறிக்கின்றன. ஆகவே இரு கண்களாலும் பார்க்கையில் இந்தக் குறைபாடு சரி செய்யப்பட்டு விடுகிறது.

ஆயினும் குருட்டுப் புள்ளி குறித்து நாம் குறைபட்டுக் கொள்ள காரணம் இல்லை என்பதாய் நினைக்க வேண்டாம். பத்து மீட்டர் தொலைவிலுள்ள வீட்டை ஒரு கண்ணை மூடிக் கொண்டு பார்க்கையில் ஒரு சன்னல் இருப்பதற்குப் போதுமான ஒரு மீட்டர் குறுக்களவு கொண்ட இடம் இந்தக் குருட்டுப் புள்ளி காரணமாய் நம் கண்ணுக்குத் தெரிவதில்லை. இதே போல வானத்தை நோக்கும் போது 120 பூரண சந்திரன்களுக்குச் சமமான ஒரு பரப்பு நம் பார்வைக்குத் தெரியாமல் போய்விடுகிறது.

சந்திரன் எவ்வளவு பெரிதாயிருப்பதாக நாம் நினைக்கிறோம்

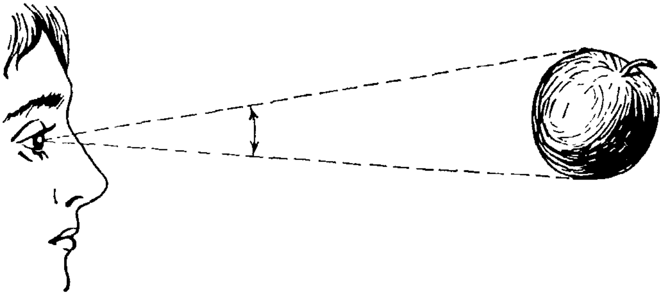
நிற்க, கண்ணுக்குத் தெரியும் சந்திரனின் உருவ அளவுகளைப் பற்றிச் சில வார்த்தைகள். உங்கள் நண்பர்களிடம், சந்திரன் எவ்வளவு பெரிதாயிருப்பதாக நினைக்கிறீர்கள் என்று கேட்டுப் பாருங்கள். பல விதமான விடைகள் கிடைக்கும். பலர் சந்திரன் ஒரு பெரிய தாம்பாளம் போல் இருப்பதாய்க் கூறுவர். ஆனால் சிலர் அது ஒரு சிறிய கிண்ணம் அல்லது ஓர் ஆப்பிள், அல்லது ஒரு நெல்லிக் காயின் அளவினதாகவோ கூட இருப்பதாகக் கருதலாம். எனக்குத் தெரிந்த பள்ளிச் சிறுவன் ஒருவன், சந்திரன் ''பன்னிரண்டு பேருக்கான ஒரு வட்ட மேஜையின்'' அளவிற்குப் பெரிதாயிருப்பதாக எண்ணினான். எழுத்தாளர் ஒருவர், சந்திரன் ''ஒரு கெஜம் குறுக்களவு'' உள்ளது என்று தமது புத்தகத்தில் குறிப்பிட்டுள்ளார்.

ஒரே பொருளின் அளவைப் பற்றி ஏன் இவ்வளவு வேறுபாடு இருக்கிறது? ஏனெனில், நாம் வெவ்வேறு விதமாகவும், மேலும் அடிமனத்தினாலும் தொலைவுகளை மதிப்பிடுகிறோம். சந்திரன் ஓர் ஆப்பிளின் அளவினதாக இருக்கிறது என்று நினைப்பவன், அது ஒரு பெரிய தட்டின் அல்லது வட்ட மேஜையின் அளவுள்ளதாக இருக்கிறது என்று நினைப்போர் கருதுவதைக் காட்டிலும் சந்திரன் அருகாமையில் இருப்பதாகக் கருதுகிறான்.

சந்திரன் ஒரு பெரிய தட்டின் அளவுள்ளதாகப் பெரும்பாலோர் நினைக்கின்றனர் என்று சற்றுமுன் குறிப்பிட்டேன் அல்லவா? அத்தகைய தோற்ற அளவுகளைக் கொண்டு, சந்திரன் இருப்பதாக நாம் கருதும் தொலைவைக் கணக்கிட்டோமானால்—இது எவ்வாறு செய்யப்படுகிறது என்பதைப் பிறகு கூறுகிறேன்—அத்தொலைவு 30 மீட்டருக்கு மேல் இல்லை என்பதைக் காண்போம்! சந்திரனின் தொலைவை அவ்வளவு குறைவாக நாம் அடிமனத்தினால் மதிப்பிட்டிருக்கிறோம்.

நிற்க, ஒளியியல் மாயத் தோற்றங்கள் பல, தொலைவு தவறாக மதிப்பிடப்படுவதை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளன. சிறுவனாயிருந்த போது நான் ஏமாந்து போன மாயத் தோற்றம் ஒன்று எனக்கு நன்கு நினைவிலிருக்கிறது.

இளவேனிற் காலத்தில் என் வாழ்க்கையிலேயே முதல் முறை நான் நகரை விட்டு வெளியே சென்றேன். புல்வெளியில் பசுக்கள் மேய்ந்து கொண்டிருந்ததைப் பார்த்தேன். பசுக்கள் மிகவும் குள்ளமாயிருப்பதாக எனக்குத் தோன்றிற்று; தூரத்தை நான் தவருக மதிப்பிட்டுவிட்டேன். அவ்வளவு சிறிய பசுக்களை நான் கண்டதில்லை, காணப் போவதுமில்லை.



படம் 125. பார்வைக் கோணம்.

விண்கோள்கள் காணப்படும் கோணத்தைக் கொண்டு அவற்றின் தோற்ற அளவுகளை வானவியலாளர்கள் வரையறுக்கின்றனர். ''பார்வைக் கோணம்'' என்பது , பார்க்கப்படும் பொருளின் ஒன்றுக்கொன்று நேரெதிரான இரு முனைகளிலிருந்து கண்ணிற்கு வரும் இரு நேர் கோடுகளுக்கிடையிலுள்ள கோணமாகும் (படம் 125). கோணங்கள் டிகிரி, நிமிடம், விஞடி* என்னும் அலகுகளில் அளக்கப்படுகின்றன என்பது உங்களுக்குத் தெரியும். சந்திரனின் தோற்ற அளவுகள் என்ன என்று வானவியலாளரிடம் கேட்டால், அது ஒரு தட்டைப் போல அல்லது ஆப்பிள் பழத்தைப் போலப் பெரிதாக இருக்கிறது என்று அவர் சொல்ல மாட்டார்; ''அரை டிகிரி'' என்று கூறுவார். அதாவது, சந்திரனது வட்டின் இரு முனைகளிலிருந்து நம் கண்ணுக்கு வரும் நேர் கோடுகளுக்

* 60 விஞடி=1 நிமிடம்; 60 நிமிடம்=1 டிகிரி.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

கிடையிலுள்ள கோணம் அரை டிகிரி என்று இதற்கு அர்த்தம். தோற்ற அளவுகளைப் பற்றிய இந்த வரையறுப்புத்தான் சரியானதாகும்; ஏனெனில் இதில் குளறுபடிக்கு இடமில்லை.

ஒரு பொருளை, அதன் விட்டத்தைப் போல் 57 மடங்குத் தொலைவில் வைத்தால், அது 1 டிகிரி பார்வைக் கோணத்தில் பார்க்கப்படுகிறது என்று வடிவ கணிதத்திலிருந்து தெரிந்து கொள்கிறோம். எடுத்துக்காட்டாக, 5 சென்டிமீட்டர் விட்டமுடைய ஓர் ஆப்பிள் 5×57 சென்டிமீட்டர் தொலைவில் வைக்கப்பட்டால், அதன் பார்வைக் கோணம் 1 டிகிரி ஆக இருக்கும். இரு மடங்குத் தொலைவில் அது அரை டிகிரியில், அதாவது சந்திரன் நமக்கு எப்படித் தெரிகிறதோ அதே அளவுள்ளதாய்த் தென்படுகிறது. ஆப்பிள் 570 சென்டிமீட்டர் தொலைவில் இருந்தால், சந்திரன் ஓர் ஆப்பிளின் அளவுக்குத் தெரிவதாய்ச் சொல்ல முடியும். சந்திரனின் தோற்ற அளவுகளை ஒரு பெரிய தட்டுடன் ஒப்பிட விரும்பினுல், தட்டை 30 மீட்டர் தொலைவில் நீங்கள் தள்ளி வைக்க வேண்டியிருக்கும். பெரும்பாலோர், சந்திரன் இவ்வளவு சிறியதாகத் தோன்றுகிறது என்பதை நம்ப விரும்புவதில்லை. காலணுக் காசை அதன் விட்டத்தைப் போல் 114 மடங்குத் தொலைவில் வையுங்கள். இந்தத் தொலைவு இரண்டு மீட்டரே இருந்தாலும், இந்தக் காசு சந்திரனை மறைத்துவிடும்.

சந்திரன் கண்ணுக்கு எப்படித் தோன்றுகிறதோ அதே அளவுள்ள ஒரு வட்டத்தை வரையச் சொன்னுல், நீங்கள் வரையும் வட்டம், அது கண்ணிலிருந்து எவ்வளவு தொலைவில் இருக்கிறது என்பதைப் பொறுத்து, பெரியதாகவோ சிறியதாகவோ இருக்கக் கூடும். ஒரு புத்தகத்தை அல்லது படத்தை நாம் வழக்கமாகப் பிடித்துக் கொள்ளும் தொலைவை, அதாவது குறைந்தபட்சத் தெளிவுப் பார்வைத் தொலைவை—சாதாரணக் கண்ணிற்கு இதன் அளவு 25 சென்டிமீட்டர்—எடுத்துக் கொள்வோம். சந்திர வட்டின் தோற்ற அளவுக்குச் சமமாய் இப்புத்தகத்தின் பக்கத்தில் ஒரு வட்டம் வரைந்தால் அது எவ்வளவு பெரிதாய் இருக்கும் என்பதைக் கவனிப்போம். இக்கணக்கு மிகவும் எளிதே. 25 சென்டிமீட்டர் தூரத்தை 114ஆல் வகுக்க வேண்டும். நமக்குக் கிடைக்கும் விடை மிகச் சிறியதாக, 2 மில்லிமீட்டரை

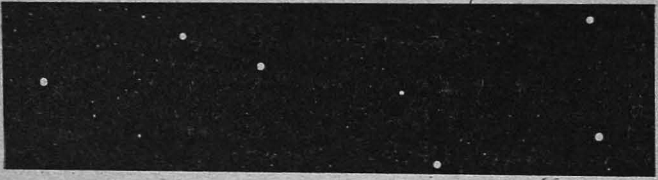
விடச் சிறிதளவே அதிகமானதாக—கிட்டத்தட்ட இங்குள்ள அச்செழுத்தின் அளவுள்ளதாகவே — இருக்கும். சந்திரன், சூரியன் இரண்டுமே—சூரியனுக்கும் சந்திரனின் தோற்ற அளவுகளே உள்ளன—இந்தச் சிறிய கோணத்தில் அவ்வளவு சிறியதாகத் தோன்றுகின்றன என்பதை நம்புவது கடின மாகவே இருக்கும்.

சூரியனைச் சிறிது நேரம் பார்த்தபின், வர்ண வட்டங்கள் பலவற்றை நெடுநேரம் பார்ப்பது போல் தோன்றுவதை நீங்கள் கவனித்திருக்கலாம். ''ஒளியியற் சுவடுகள்'' என் றழைக்கப்படும் இவை சூரியனுக்குள்ள அதே கோண மதிப் புடையனவேயாகும். ஆனால் இவற்றின் தோற்ற அளவுகள் மாறுகின்றன. வானத்தை நோக்கும் போது அவை சூரியனைப் போல் அவ்வளவு பெரிதாகவே இருக்கின்றன; ஆனால் கீழே புத்தகத்தை நோக்கியவுடன், புத்தகத்தின் பக்கத்தின் மீது தென்படும் சூரியனின் ''சுவடு'' இங்குள்ள அச்செழுத் தைவிட அதிகமான இடத்தை எடுத்துக் கொள்வதில்லை. இது, நமது கணக்கீடுகள் சரிதான் என்பதை உறுதிப்படுத்துகிறது.

விண்கோள்களின் தோற்ற அளவுகள்

சப்தரிஷி மண்டலம் எனப்படும் நட்சத்திரத் தொகுதி யைக் கோண அளவுகளின்படி வரைந்தால், படம் 126இல் காட்டப்பட்டுள்ள சித்திரம் நமக்குக் கிடைக்கும். அதிகப் பட்சத் தெளிவுப் பார்வைத் தொலைவிலிருந்து இப்படத் தைப் பார்க்கும் போது, வானத்தில் இம்மண்டலம் நமக்கு அளிக்கும் அதே தோற்றம் இந்தப் படத்திலும் தெரியும். அதாவது கோண அளவுகளை அங்ஙனமே வைத்துக் கொண்டு வரையப்பெற்ற அந்நட்சத்திரத் தொகுதியின் திட்டப்பட மாக இருக்கும் அது. அந்நட்சத்திரத் தொகுதி நம் மனக் கண்ணில் பதிக்கும் பிம்பம்—அதன் **வடிவம்** மட்டுமல்லை, நேரடியான **மனப் பதிவு**—உங்களுக்குப் பழக்கமானதாயிருந் தால், கீழே காட்டப்பட்டுள்ள படத்தைக் காணும் போதும் உங்களுக்கு அதே மனப் பதிவு உண்டாகும். எல்லா நட்சத்திரத் தொகுதிகளின் முக்கிய நட்சத்திரங்களுக்கிடையேயுள்ள கோணத் தொலைவுகள் தெரிந்திருந்தால்—இவை வானவியல்

பஞ்சாங்கங்களிலும் அட்டவணைகளிலும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன—ஒரு முழு வானவியல் திட்டப்படத் தொகுதிக்கான ''முழு அளவுப்'' படங்களை நீங்கள் தயாரிக்க முடியும். இதைச் செய்வதற்கு மில்லிமீட்டர் கோடிட்ட காகிதம் வேண்டும்; ஒவ்வொரு 4.5 மில்லிமீட்டரையும் ஒரு டிகிரியாகக் கணக்கிட்டுக் கொள்ள வேண்டும். (நட்சத்திரங்களைக் குறிக்கும் வட்டங்களின் பரப்பு அவற்றின் பிரகாசத்தின் விகிதத்திற்கேற்ப இருக்க வேண்டும்.)



படம் 126. கோண அளவுகளை அவ்வாறே வைத்துக் கொண்டு வரையப்பெற்ற சப்தரிஷி நட்சத்திரத் தொகுதி. கண்ணிலிருந்து 25 செ. மீ. தொலைவில் வைத்து இப்படத்தைப் பார்க்க வேண்டும்.

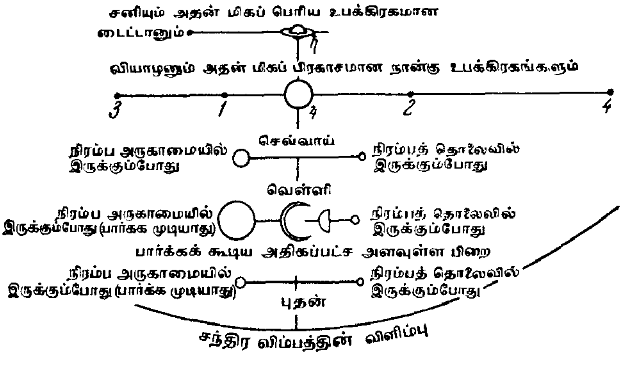
இப்போது, கிரகங்களைப் பற்றிக் கவனிப்போம். இவற்றின் தோற்ற அளவுகளும்—நட்சத்திரங்களுக்கு இருப்பதைப் போன்றே—வெறும் கண்ணிற்கு இக்கிரகங்கள் ஒளியின் பிரகாசமான புள்ளிகளாகத் தோன்றுமளவிற்கு நுண்ணியனவாயுள்ளன. இதில் வியப்பு ஏதுமில்லை; ஏனெனில் வெள்ளியைத் தவிர, இது அதிகப்பட்சப் பிரகாசத்துடன் இருக்கும்போது, வேறு எந்தக் கிரகமும் ஒரு நிமிடத்தைவிட அதிக அளவுள்ள கோணத்தில் தென்படுவதில்லை. எதுவும் பரிமாணமுள்ளதாய்ப் புலப்படுவதற்கான குறைந்தபட்சக் கோண அளவு பொதுவாக ஒரு நிமிடமே ஆகும் (இதற்குக் குறைவான கோணத்தில் எதுவும் பரிமாணமில்லாப் புள்ளியாகவே தோற்றமளிக்கிறது).

கோண விநாடிகளில் வெவ்வேறு கிரகங்களின் அளவுகளைக் காட்டும் அட்டவணை இதோ இருக்கிறது; ஒவ்வொரு கிரகத்திற்கும் எதிராகக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் இரண்டு எண்களும் முறையே கிரகம் பூமிக்கு மிக அருகாமையிலும்

மிகத் தொலைவிலும் இருக்கும் தொலைவுகளை (கோணவிநாடிகளில்) குறிப்பிடுகின்றன.

கிரகம்	விநாடிகள்
புதன்	13—5
வெள்ளி	64—10
செவ்வாய்	25—3.5
வியாழன்	50—31
சனி	20—15
சனியின் வளையங்கள்	48—35

இந்த அளவுகளை அவற்றின் ''முழு அளவில்'' படத்தில் காட்டுவது சாத்தியமல்ல. 60 விநாடிகள் கொண்ட ஒரு முழு கோண நிமிடம்கூட, அதிகபட்ச தெளிவுப் பார்வைத் தொலைவில், 0.04 மில்லிமீட்டருக்கே இணையாகிறது; இது சாதாரணக் கண்ணினால் பார்க்க முடியாத அளவிற்கு மிகவும் சிறியதாகும். ஆகவே, கிரகங்களின் வட்டுக்களை, உருப்பெருக்குத் திறன் 100 உள்ள ஒரு தொலைநோக்கியின் வாயிலாகப் பார்க்கும் போது தெரிவதைப் படத்தில் காட்டுகிறோம். இவ்வாறு உருப்பெருக்கம் செய்யப்பட்ட கிரகங்களின் தோற்ற அளவுகளைப் படம்127 காண்பிக்கிறது. அடியில் உள்ள



படம் 127. கண்ணிலிருந்து 25 செ. மீ. தொலைவில் இப்படத்தைப் பிடித்துக் கொண்டால், உருபெருக்குத் திறன் 100 உடைய தொலைநோக்கியில் காணப்படும் அளவுகளில் கிரகங்களின் வட்டுக்கள் தெரியும்.

வில், உருப்பெருக்குத் திறன் 100 உள்ள தொலைநோக்கியில் தென்படும் சந்திரனின் அல்லது சூரியனின் வட்டைக் குறிக்கின்றது. அதற்கு மேலே (இடது புறம்) இருப்பது, பூமிக்கு மிக அண்மையிலிருக்கும் போது தென்படும் புதன். இன்னும் மேலே, வெள்ளியின் வெவ்வேறு கலைகள் இருக்கின்றன. பூமியிலிருந்து குறைந்தபட்ச தொலைவில் இருக்கும் போது, வெள்ளி தனது ஒளியில்லாத பகுதியைப் பூமியை நோக்கிக் காட்டுவதால், அதைப் பார்க்க முடிவதில்லை. (சூரியனினது வட்டின் மீது ஒரு கறுப்பு வட்டமாக அதன் நிழல் விழும் அரிய சந்தர்ப்பங்களில் மட்டுமே — அதாவது, ''வெள்ளியின் கடத்தல்'' எனப்படுவது நிகழும் போது மட்டுமே— அதைக் காண முடிகிறது.) பிறகு, கண்ணுக்குத் தெரியும்படியான அதன் மெல்லிய பிறை வருகிறது — கிரகங்களின் ''வட்டுக்கள்'' அனைத்திலும் இதுதான் மிகவும் பெரியதாகும். அடுத்து வரும் கலைகளில் வெள்ளி சிறிது சிறிதாகக் குறைந்து, இறுதியில், பிறையில் ஆறில் ஒரு பங்கு அளவு விட்டமேயுள்ள முழுவட்டாகத் தென்படுகிறது.

வெள்ளிக்கு மேலே இருப்பது செவ்வாய்; பூமிக்கு மிக அருகாமையில் இருக்கும் போது காணப்படும் தோற்றம் இடது பக்கத்திலும், மிகத் தொலைவில் இருக்கும் போது காணப்படும் தோற்றம் வலது பக்கத்திலும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. உருப்பெருக்குத் திறன் 100 உள்ள ஒரு தொலைநோக்கியில் பார்க்கும் போது செவ்வாய் எப்படிக் காணப்படுகிறது என்பதை இடது பக்கத்து வட்டு காண்பிக்கிறது. இவ்வளவு சிறிய வட்டில் எதுவும் தெளிவாய்ப் புலப்படுவது சாத்தியமா? அது 10 மடங்கு பெரியதாயிருப்பதாகக் கற்பனை செய்து கொண்டால், உருப்பெருக்குத் திறன் 1,000 உள்ள மிகச் சக்தி வாய்ந்த ஒரு தொலை நோக்கியில் வானவியலாளர் ஒருவர் செவ்வாயைப் பார்க்கும் போது அவருக்கு அது எப்படித் தோன்றுமெனத் தெரிந்துகொள்ளலாம். விநோதமான செவ்வாய்க் கோளின் பிரசித்தமான ''கால்வாய் களையோ'' அதன்''கடல்களின்'' அடிமட்டத்திலுள்ள தாவரங்கள் காரணமாக ஏற்படுவதாகக் கருதப்படும் சிறு நிற மாறுபாடுகளையோ போன்ற விவரங்களை, இவ்வளவு சிறிய உருவத்தில் ஐயத்திற்கிடமின்றித் தெளிவாக உங்களால் கண்டு கொள்ள முடியுமா? எனவே, அதை ஆராய்வோர் ஒருவருக்

கொருவர் முரண்பாடாய்க் கூறுவதில் வியப்பு ஒன்றுமில்லை. சிலர் மிகவும் தெளிவாகக் காண்பதாகக் கூறுவதைப் பிறர் வெறும் ஒளியியல் மாயத் தோற்றமாகக் கருதுகின்றனர். [செவ்வாயையும் பிற கிரகங்களையும் பற்றி இதுவரை கிடைத்திருக்கும் விவரங்கள் வெறும் கண்ணினுல் மட்டுமே பார்த்துத் தெரிந்து கொண்டவை அல்ல. நுட்பமான கருவிகளினுல் செய்யப்பட்டுள்ள தொலை ஆராய்ச்சிகள் காரணமாக, கிரகங்கள், அவற்றின் உபக்கிரகங்கள் ஆகியவற்றிலுள்ள பௌதிக நிலைமைகள் பற்றி சந்தேகத்துக்கு இடமில்லாத நம்பகமான சில முடிவுகளுக்கு நாம் வர முடிந்திருக்கிறது.—**பதிப்பாசிரியர்.**]

மிகப் பெரிய கிரகமான வியாழனும் அதன் உபக்கிரகங்களும் நமது அட்டவணையில் மிகவும் முக்கியமானதோர் இடத்தை வகிக்கின்றன. இக்கிரகத்தின் வட்டு—வெள்ளியின் பிறை நீங்கலாக—மற்ற எல்லாக் கிரகங்களின் வட்டுகளையும் விட மிகவும் பெரியதாகும். அதன் பிரதான உபக்கிரகங்கள் நான்கும் சந்திரனுடைய வட்டின் விட்டத்தில் கிட்டத்தட்ட பாதியளவுள்ள ஒரு கோட்டில் பரந்துள்ளன. படத்தில் வியாழன், பூமிக்கு மிகவும் அருகாமையில் இருக்கும் போது தோற்றமளிக்கும் நிலையில் காட்டப்பட்டுள்ளது. கடைசியாக, சனியும் அதன் வளையங்களும் அதன் மிகப் பெரிய உபக்கிரகமான டைட்டான் என்பதும் வருகின்றன—பூமியிலிருந்து குறைந்தபட்ச தொலைவில் இருக்கும் போது இவை இரண்டும் புலப்படுகின்றன.

இதுவரை நான் கூறியவற்றிலிருந்து, கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒரு பொருள் எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு அருகே இருப்பதாக நாம் எண்ணுகிருேமோ, அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு சிறியதாக அது தோற்றமளிக்கிறது என்பது உங்களுக்குத் தெளிவாகியிருக்க வேண்டும். மறுதலையாக, ஏதாவதொரு காரணத்தினுல் பொருளின் தொலைவை மிகைப்படுத்திஞேம் என்ருல், அப்பொருளும் அதே விகிதத்தில் பெரிதாகும். அதே மாதிரியான ஒளியியல் மாயத்தோற்றம் ஒன்றை விவரிக்கும் அமெரிக்க எழுத்தாளரான எட்கர் ஆலன் போ என்பவரின் கதை ஒன்றை உங்களுக்கு இப்போது சொல்கிறேன். அது அவ்வளவு உண்மையானதாகத் தோன்ருவிடினும், அது வெறும் கற்பனை அன்று. கிட்டத்தட்ட அதே வகை ஒளியியல்

மாயத்தோற்றம் ஒன்றிற்கு நானே ஒரு சமயம் ஆளாகியிருக்கிறேன். உங்களில் பலருக்கும் அதே மாதிரியான அநுபவம் ஏற்பட்டிருக்கலாம்.

"புதிர் விலங்கு"

எட்கர் ஆலன் போ எழுதியது

(சில சிறு பகுதிகள் நீக்கப்பட்டுள்ளன)

''நியூயார்க் நகரில் காலரா வெகுவாய்ப் பரவியிருந்த சமயம், எனது உறவினர் ஒருவர், நகரத்திற்கு வெளியே இருந்த தமது குடிலுக்கு வந்து தம்முடன் பதினைந்து நாட்கள் தங்கும்படி விடுத்த அழைப்பை நான் ஏற்றுக்கொண்டேன்.... ஜன நெரிசல் மிகுந்த நகரிலிருந்து ஒவ்வொரு காலையிலும் பயங்கர செய்திகள் மட்டும் வாராதிருந்திருந்தால், எங்கள் பொழுது இனிமையாகவே கழிந்திருக்கவேண்டும். யாராவது தெரிந்தவர் ஒருவர் மரணமடைந்த தகவல் வராத நாளே இல்லை.... இறுதியில் யார் எங்களிடம் வந்தாலும் என்ன செய்தி என்று நாங்கள் நடுங்குவது வழக்கமாகிவிட்டது. தெற்கிலிருந்து வீசிய காற்றில் கூட சாவின் வீச்சம் அடிப்பதாய் நினைத்தோம். நெஞ்சைப் பிளக்கும் பயங்கர எண்ணங்கள் என்னைப் பதறச் செய்து வந்தன.... எனது உறவினர் என்னைப் போல் அவ்வளவு பதற்றமடைகிறவர் அல்ல, சோர்ந்து போயிருந்தாலும் அவர் என்னை உற்சாகப்படுத்த முயன்று வந்தார்....

''மிகவும் வெப்பமாயிருந்த ஒரு நாள் மாலையில், புத்தகத்தை வைத்துக் கொண்டு திறந்த சன்னலருகே நதிக் கரைகளில் தொலைவில் தெரிந்த ஒரு குன்றைப் பார்த்துக் கொண்டு உட்கார்ந்திருந்தேன்.... எனது சிந்தனை, முன்னாலிருந்த புத்தகத்திலிருந்து விலகி அருகாமையிலிருந்த நகரின் துயரிலும் துன்பத்திலும் ஆழ்ந்திருந்தது. புத்தகத்தின் ஏட்டிலிருந்து நான் கண்களை உயர்த்திய போது, எனது பார்வை, குன்றின் பொட்டலான சரிவிலும் பிறகு பயங்கர உருவங்கொண்ட ஒரு ராட்சதப் பிராணி மீதும் படிந்தது. இந்த கொடிய பிராணி குன்றின் உச்சியிலிருந்து வேகமாய் அடிவாரத்துக்கு இறங்கிகீழே இருந்த அடர்ந்தகாட்டினுள் மறைந்து கொண்டிருந்தது. இந்தப் பிராணி என் கண்ணில் பட்டதும் எனது சித்த சுவாதினத்தின் மீதே எனக்கு சந்தேகம் ஏற்பட்டுவிட்டது. என் கண்களையே என்னால்

நம்ப முடியவில்லை. நான் சித்தம் கலங்கிவிடவில்லை, கனவு காணவுமில்லை என்று நான் உறுதி செய்து கொள்வதற்குள் பல நிமிடங்கள் கழிந்துவிட்டன. இந்தப் பூதாகாரப் பிராணியை நான் தெட்டத் தெளிவாய்க் கண்ணுற்றேன், அது இறங்கி வந்ததை மிகவும் கவனமாய் உற்று நோக்கினேன். ஆயினும் இந்தப் பிராணியை நான் விவரிக்கை

படம் 128. ''எனது பார்வை... பயங்கர உருவங் கொண்ட ஒரு ராட்சதப் பிராணி மீது படித்தது.''

யில், எனது வாசகர்கள் நான் சொல்வதை நம்ப முடியாமல் என்னைக் காட்டிலும் அதிகமாக அவநம்பிக்கை கொள்வார்கள் என்று அஞ்சுகிறேன்.

''இப்பிராணி சென்ற இடத்தின் அருகிலிருந்த பெரிய மரங்களுடைய தடிமனுடன் ஒப்பிட்டு இதன் பருமனை மதிப்பிட்ட நான்... தற்போதுள்ள எந்தப் போர்க் கப்பலைக் காட்டிலும் மிகப் பெரிதாய் இருக்க வேண்டுமென்று முடிவு கட்டினேன். கப்பல் என்பதாய் ஏன் சொல்கிறேன் என்றால் அந்தப் பூதாகாரப் பிராணியின் வடிவம் எனக்கு இந்த எண்ணத்தைத் தோன்றச் செய்தது. எழுபத்து நான்கு பீரங்கிகளைக் கொண்ட நமது கப்பல்

களில் ஒன்றின் உடல் போன்றதாய் இருந்தது இந்தப் பிராணியின் உருவம். இதன் வாய் யானையின் உடலளவு பருமனுள்ள அறுபது அல்லது எழுபது அடி நீளமுள்ள துதிக்கையின் நுனியில் இருந்தது. இந்தச் துதிக்கையின் அடிப்பகுதிக்கு அருகே கரடுமுரடான கரு முடிகள் மண்டியிருந்தன.... காட்டுப் பன்றியின் கோரப் பற்களைப் போல், ஆனால் அவற்றைவிட மிகவும் பிரம்மாண்ட அளவுகளையுடைய பளபளப்பான இரு கொம்புகள் இம்முடிகளுக்கு இடையிலிருந்து தொடங்கி கீழ் நோக்கிப் பக்கவாட்டில் நீண்டு சென்றன. துதிக்கையின் இரு மருங்கிலும் அதற்கு இணையான திசைகளில் முப்பது அல்லது நாற்பது அடி நீளத்துக்கு முன்னேக்கி நீண்டிருந்த மாபெரும் கொம்புகள் பட்டக வடிவில் தூய படிகத்தால் ஆனது போல் தோற்றமளித்தன. இவை சாயங்காலக் கதிரவனது கதிர்களைக் கண்ணைப் பறிக்கும் வகையில் கோலகலமாய்ப் பிரதிபலிக்கச் செய்தன. இப்பிராணியின் உடல் ஆப்பின் வடிவில் அமைந்து கூர்முனை தரையை நோக்கிச் சாய்ந்திருந்தது. ஒவ்வொன்றும் ஏறத்தாழ நூறு கஜ நீளமுள்ள இரு ஜதைச் சிறகுகள் இந்த உடலிலிருந்து விரிந்திருந்தன. ஒன்றுக்கு மேல் ஒன்றாய் அமைந்திருந்த இவ்விரு ஜதைகளும் உலோகச் செதில்கள் நிறைந்திருந்தன. ஒவ்வொரு செதிலும் பத்துப் பன்னிரண்டு அடி விட்டமுடையதாய்த் தோன்றியது.... இந்தப் பயங்கரப் பிராணியிடம் மிக முக்கியமாய்க் குறிப்பிட வேண்டிய ஒரு விவரம் என்னவெனில் அதன் நெஞ்சின் முழுப் பரப்பின் மீதும் தீட்டப்பட்டிருந்த சாவுத் தலைச் சித்திரமே. கலைஞனால் கவனமாய்ப் புனையப்பட்டது போல அதன் கரிய உடலில் எடுப்பான வெள்ளையில் பளிச்சிடும் வண்ணம் இச்சித்திரம் வரையப்பட்டிருந்தது. காண்போரைக் கதி கலங்கச் செய்யும் இந்தப் பிராணியையும் இன்னும் முக்கியமாய் அதன் நெஞ்சில் தோற்றமளித்த இந்தச் சித்திரத்தையும் திகைத்துப் போய்த் திகிலுடன் நான் உற்றுப் பார்த்துக் கொண்டிருந்தபோது...அதன் நீண்ட துதிக்கையின் நுனியிலிருந்த அதன் பிரம்மாண்ட வாயைத் திடுமென அது விரியப் பிளந்து கொண்டு சாவு மணியின் ஒலியென என் அங்கங்களை ஒடுங்கச் செய்த கர்ண கடூரமான பேய்க் கூச்சல் எழுப்பிற்று. இந்த ராட்சதப் பிராணி மலையடிவாரத்தில் மறைந்த போது நான் திடுமென மூர்ச்சித்துப் போய் தரையில் விழுந்துவிட்டேன்.

''சுயநினைவு திரும்பியதும் என் நண்பரிடம் நான் கண்டதையும் கேட்டதையும் கூற வேண்டுமென்ற துடிப்பு என்னுள் துள்ளியெழுந்தது.... நான் சொன்னது

பூராவையும் கேட்டுவிட்டு அவர் வாய்விட்டுச் சிரித்தார், பிறகு எனக்குச் சித்தம் கலங்கிவிட்டதென்ற திட முடிவுக்கு வந்தவரைப் போல் கலக்கமுற்றுச் செயலடங்கிப் போனார். அந்தக் கணத்தில் அந்தப் பயங்கரப் பிராணி மீண்டும் என் கண்ணெதிரே தோன்றியது — உடனே நான் அலறிப் புடைத்துக்குக் கொண்டு என் நண்பரிடம் அதைக் காட்டினேன். ஆவலுடன் அவர் உற்றுப் பார்த்தார், குன்றின் பொட்டல் சரிவில் அது கீழே இறங்கி வந்ததை நான் நுணுக்கமாய் விவரித்துக் காட்டியுங்கூட அவர் எதையும் காணுமே என்று சாதித்துக் கொண்டிருந்தார். அரண்டு போய் நாற்காலியில் சாய்ந்து சில கணங்களுக்குக் கைகளால் முகத்தை மூடிக் கொண்டேன். கைகளை விலக்கிக் கொண்டு மீண்டும் நான் பார்த்த போது அந்த பயங்கர உருவம் அங்கே இல்லை.

''என் நண்பர்... நன் கண்ட அந்தப் பிராணியின் வடிவம் குறித்து தீர்க்கமாய் விசாரித்தார். விளக்கமாய் யாவற்றையும் நான் கூறியதைக் கேட்டபின் பெரிய ஆபத்து நீங்கிவிட்டது போல பெருமூச்சு விட்டார்.... புத்தக அலமாரியிடம் சென்று இயற்கை வரலாற்றுப் புத்தகம் ஒன்றை எடுத்தார். அதன் பொடி எழுத்துகளைப் படிப்பதற்கு வசதியாய், என்னை இடம் மாறி உட்காரச் சொல்லிவிட்டு சன்னலுக்கு அருகிலிருந்த எனது நாற்காலியில் உட்கார்ந்து கொண்டு புத்தகத்தைப் பிரித்து முன்பு போலவே அதே குரலில் மீண்டும் பேச முற்பட்டார்.

'' 'அந்த ராட்சதப் பிராணியை நீ அவ்வளவ நுணுக்கமாய் விவரித்திராவிடில் அது என்னவென்பதை உனக்கு என்னால் தெளிவுபடுத்த முடியாமற் போயிருந்திருக்கும்' என்றார் அவர். 'முதலில், Insecta அல்லது பூச்சிகள் வகுப்பில், Lepidoptera [செதிற் சிறகிகள்] வரிசையைச் சேர்ந்த Crepusculariae [அந்திப் பூச்சிகள்] குடும்பத்தில், Sphinx இனத்து விட்டிலைப் பற்றிப் பள்ளிச் சிறுவர்களுக்கான விவரணையை உனக்குப் படித்துக் காட்டுகிறேன். அது வருமாறு:

'' 'உலோகம் போல் பளபளக்கும் சிறிய, வண்ணச் செதில்களினால் மூடப்பெற்ற நான்கு சவ்வுச் சிறகுகள்; தாடைகள் நீண்டு சுருள் துதிக்கை போலமைந்த வாய்; தாடைகளின் பக்கங்களில் அரைவைத் தாடைகளின் ஆரம்ப அமைப்புக்களும் மென்மயிர் மீசைகளும் காணப்படுகின்றன; கீழ்ச் சிறகுகள் மேற் சிறகுகளுடன் கெட்டியான மயிரினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன; உணர்கொம்புகள் பட்டக வடிவில் நீண்ட தடிகள் போல் உள்ளன:

அடிவயிறு கூர்மையானது. 'சாவுத் தலை' சித்திரத்துடன் கூடிய 'ஸ்பிங்க்ஸ்' என்னும் பூச்சி, தான் எழுப்பும் அவலக் குரலினாலும் மார்புப் பகுதியில் மீதுள்ள சாவு அடையாளத்தினாலும் பொது மக்களிடையே பல சமயம் பீதியை உண்டாக்கியிருக்கின்றது.'

''அவர் புத்தகத்தை மூடிவிட்டு, நாற்காலியில் சற்று முன்புறம் சாய்ந்து, நான் அந்த ராட்சதப் பிராணியைப் பார்த்த போது இருந்த அதே நிலையில் அமர்ந்து கொண்டார்.

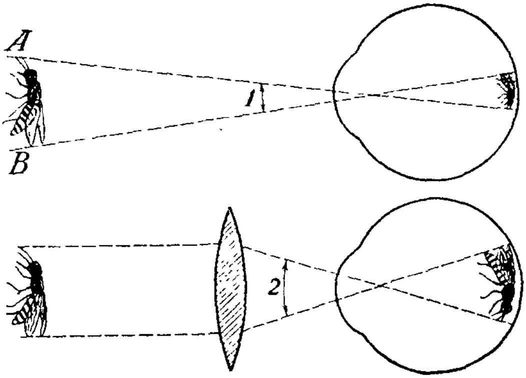
'''இதோ, அந்தப் பிராணி' என்று பலக்கக் கூறிவிட்டுத் தொடர்ந்து பேசினார்—'அது மறுபடியும் குன்றின் மீது ஏறுகிறது. மிகவும் விசித்திரமான பிராணியே என்பதை ஒத்துக் கொள்கிறேன். இருப்பினும், நீ எண்ணியது போல், அது அவ்வளவு பெரியதாகவோ, அவ்வளவு தொலைவிலேயோ இல்லை; உண்மை என்னவெனில்... சன்னலின் சட்டத்தில் ஏதோ ஒரு சிலந்தி கட்டவிட்டுச் சென்ற இந்த இழையின் மீது அது நெளிந்து செல்லுகிறது....' '' (இந்த வண்ணத்திப் பூச்சி Acherontia என்னும் குடும்பத்தைச் சேர்ந்ததாக இப்போது பாகுபடுத்தப்பட்டிருக்கிறது. ஒலி எழுப்ப வல்ல மிகச் சில வண்ணத்திப் பூச்சிகளுள் ஒன்று இது. இது சுண்டெலியின் கீச்சிடுதலை ஒத்த சீழ்க்கை ஒலி எழுப்புகிறது. வாயுறுப்புக்களினால் ஒலி எழுப்பும் வண்ணத்திப் பூச்சி இது ஒன்றுதான். கீச்சென்றிருக்கும் இவ்வொலியைப் பல மீட்டருக்கு அப்பாலும் கேட்க முடியும். இந்த எடுத்துக்காட்டில், இவ்வொலி பெரிதும் பலமாய்க் கேட்டிருப்பது போல தோன்றலாம்; ஏனெனில், கவனித்தவர் இவ்வொலி மிகத் தொலைவிலிருந்து வந்ததாக நினைத்துக் கொண்டார் — பொழுதுபோக்குப் பௌதிகம், முதல் புத்தகத்தின் அத்தியாயம் பத்தில் உள்ள ''ஒலியியல் மாயத் தோற்றங்கள்'' என்னும் பகுதியைப் பார்க்கவும்.)

மைக்ராஸ்கோப் ஏன் உருப்பெருக்கம் செய்கிறது?

''ஏனெனில், பௌதிகவியற் பாடப் புத்தகங்களில் விவரிக்கப்பட்டிருப்பது போல் குறிப்பிட்ட ஒரு வகையில் ஒளிக் கதிர்களின் பாதையை அது மாற்றுகிறது'' என்பதாய்ப் பலரும் இக்கேள்விக்குப் பதிலளிப்பார்கள். இந்தக் காரணம் முக்கியமானதல்ல, மெய்யான காரணத்துக்கும் இதற்கும் சம்பந்தம் இல்லை. அப்படியானால் மைக்ராஸ்கோப்பும் தொலை

நோக்கியும் உருப்பெருக்கம் செய்ய முடிவதற்கு மெய்யான காரணம் என்ன?

இதற்கான விடையை நான் பள்ளிச் சிறுவனுக இருந்த போது தெரிந்து கொண்டேன்; எந்தப் பாடப் புத்தகத்திலிருந்தும் அல்ல தற்செயலாய்த் தெரிந்து கொண்டேன். திகைப்பூட்டும் விசித்திரக் காட்சி ஒன்றை நான் காண நேர்ந்தது. மூடிய கண்ணுடி சன்னல் அருகே அமர்ந்து நான் சாலைக்கு அப்பால் ஒரு வீட்டின் சுவரைப் பார்த்துக்கொண்டிருந்தேன். திடீரெனத் துணுக்குற்றுவிட்டேன். பல மீட்டர் அகல



படம் 129. விழித்திரைப் பிம்பத்தை லென்சு பெரிதாக்குகிறது.

முள்ள மாபெரும் கண் ஒன்று சுவரிலிருந்து என்னை உற்றுப் பார்ப்பதை என்னுல் தெளிவாகக் காண முடிந்தது. அப்போது நான் எட்கர் ஆலன் போவின் கதையைப் படித்திருக்கவில்லை. ஆகவே அம்மாபெரும் கண் என்னுடைய கண்ணின் பிம்பம்தான்—சுவரில் நான் கற்பனை செய்து கொண்ட என் பிம்பம்தான், ஆகவே அதற்கேற்ப பெரியதாய் உருப்பெருக்கிக் கற்பனை செய்து கொண்டுவிட்டேன் என்பதை உடனே என்னுல் புரிந்து கொள்ள முடியவில்லை.

என்ன நிகழ்ந்தது என்பதை இறுதியில் நான் உணர்ந்து கொண்டவுடன் இதே ஒளியியல் மாயத் தோற்றத்தின் அடிப்படையில் ஒரு மைக்ராஸ்கோப்பைச் செய்ய முடியாதா என்று நினைத்தேன். எனது முயற்சிகள் பலிக்கவில்லை; ஆனுல்,

அதிலிருந்து ஒரு நல்ல விளைவு உண்டாயிற்று—மைக்ராஸ்கோப் ஏன் உருப்பெருக்கம் செய்கிறது என்பதைப் புரிந்து கொண்டேன். பார்க்கப்படும் பொருள் பெரியதாகத் தோன்றுவதனுல் நிகழ்வது அன்று இது; **அகன்ற பார்வைக் கோணத்தில்** அப்பொருள் பார்க்கப்படுவதனுல்தான் இது நிகழ்கிறது; இதன் விளைவாக—இதுவே மிகவும் முக்கியமானது—**அதன் பிம்பம் விழித்திரையில் அதிகமான பரப்பை எடுத்துக் கொள்கிறது.**

பார்வைக் கோணம் ஏன் அவ்வளவு முக்கியமானது என்பதை நீங்கள் புரிந்து கொள்ள உதவும் பொருட்டு, நமது கண்ணிற்குள்ள முக்கியமான பண்பு ஒன்றை எடுத்துச் சொல்லுகிறேன். ஒரு நிமிடத்திற்கும் குறைவான பார்வைக்கோணத்தில் பார்க்கப்படும் ஒரு பொருள் அல்லது அதன் பகுதி, தெளிவான வடிவமோ பகுதிகளோ இல்லாமல், ஒரு வெறும் **புள்ளியாகவே** சாதாரணக் கண்ணிற்குத் தென்படுகிறது. நாம் பார்க்கும் பொருள் முழுவதுமோ அல்லது அதன் பகுதிகளோ ஒரு நிமிடத்தைவிடக் குறைவான பார்வைக் கோணத்தில் பார்க்கப்படும் அளவிற்கு நெடுந் தூரத்திலோ, அல்லது மிகச் சிறியதாகவோ இருக்கும் போது, அதன் விவரங்களை நாம் கண்டு கொள்ள முடிவதில்லை. இது ஏனெனில், இப்பார்வைக் கோணத்தில் விழித்திரையில் உண்டாகும், பொருளின் அல்லது அதன் பகுதியின் பிம்பம் ஒரேயொரு பார்வை உயிரணுவின் மீதே விழுகிறது; எனவே, நாம் பார்ப்பதும் ஒரு **புள்ளியே** அன்றி, அதிகமாக எதுவுமில்லை.

மைக்ராஸ்கோப்பும் தொலைநோக்கியும் பார்க்கப்படும் பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிக் கதிர்களின் திசையினை மாற்றி, அதை அதிக அளவுள்ள பார்வைக் கோணத்தில் காட்டுகின்றன. விழித்திரைப் பிம்பம் அதிகமான பார்வை உயிரணுக்களின் மீது விழும்படி பெரிதாக்கப்படுகிறது; முன்பு ஒரு புள்ளியில் ஒன்றிப் போன விவரங்களை நான் இவ்வாருகத் தனித் தனியே பார்க்க முடிகிறது. மைக்ராஸ்கோப்புக்கோ, தொலைநோக்கிக்கோ உருப்பெருக்குத் திறன் 100 என்று சொல்லும் போது, அக்கருவியில்லாமல் நாம் ஒரு பொருளைப் பார்க்கும் கோணத்தைப் போல் 100 மடங்கு அதிகமான பார்வைக் கோணத்தில் அது அப்பொருளைக் காட்டுகிறது என்பதே குறிக்கப்படுகிறது. ஒளியியற் கருவி பார்வைக் கோணத்

தைப் பெரிதாக்காவிட்டால், உருப்பெருக்கம் செய்யப்பட்ட பொருளேப் பார்ப்பதாய் நாம் எண்ணிஞலும்கூட, உண்மையில் அதஞல் உருப்பெருக்கமே செய்ய முடியாது. சுவரில் தெரிந்த கண் பிரம்மாண்டமானதாய்த் தோன்றிற்று என்ருலும் ஒரு சமதள ஆடியில் பார்ப்பதற்கு அதிகமாக எந்தப் புதிய விவரத்தையும் அதில் நான் காணவில்லே. சந்திரன் மேலே வானில் இருக்கும் போதைவிடத் தொடுவானத்தில் தாழ்ந் திருக்கும் போது மிகப் பெரியதாய்த் தோற்றமளிக்கிறது; பெரிதாக்கப்பட்ட இவ்வட்டில், வானில் மேலே இருக்கும் போது அதில் காஞதது எதையும் புதிதாய் நாம் காண முடிவதில்லே என்பது தெரிந்ததே.

எட்கர் ஆலன் போ விவரிக்கும் உருப்பெருக்கத்தை எடுத் துக் கொண்டால், உருப்பெருக்கமடைந்த பொருளில் புதிய விவரங்கள் எவையும் காணப்படவில்லே என்பது நமக்குத் தெரியும். பார்வைக் கோணம் நிலேயானதாகவே இருக்கிறது; வண்ணத்திப் பூச்சி தொலேவில் இருந்தாலும், சன்னலுக்கு அருகே இருப்பதாகக் கொண்டாலும் ஒரே கோணத்தில்தான் பார்க்கப்படுகிறது. பார்வைக் கோணம் மாருததஞல், உருப் பெருக்கமடைந்த பூச்சி எவ்வளவுதான் பிரம்மாண்டமான தாயிருந்தாலும், புதிய விவரம் ஒன்றுகூட தெரிவதில்லே. உள்ளதை உள்ளபடி வருணிக்கும் எட்கர் ஆலன் போ சிறு விவரங்களில்கூட இயற்கையை யொட்டியே எழுதுகிருர். காட்டில் தென்படும் அந்த ''ராட்சதப் பிராணியை'' அவர் எங்ஙனம் விவரிக்கின்ருர் என்பதை நீங்கள் கவனித்திருப் பீர்கள். இந்தப் பூச்சியைப் பற்றி அவர் தரும் சித்திரத் தில், வெறும் கண்ஞல் பார்க்கையில் இந்தச் ''சாவுத் தலேப்'' பிராணியில் தெரிவதைவிட அதிகமாய் எதுவும் இல்லே. இரு விவரணேகளேயும்—காரணத்தோடுதான் நான் இவை இரண் டையும் கொடுத்துள்ளேன்—ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால், உவமைகளில் மட்டுமே (பத்து அடிச் செதில்கள்—சிறிய செதில்கள், மாபெரும் தடிகள்—உணர்கொம்புகள், கோரப் பற்கள்—மீசைகள் முதலியன) அவை வேறுபடு கின்றன, புதிய விவரங்கள் எவையும் இல்லே என்பது தெரியும்.

மைக்ராஸ்கோப் எதையும் இவ்வகையில் மட்டுமே பெரி தாக்கும் என்ருல், விஞ்ஞானிகளுக்கு அது பயன்படாது;

வெறும் விளையாட்டுப் பொருளாகத்தான் இருக்கும். ஆனால், இது இவ்வாறு இல்லை என்பது நமக்குத் தெரியும். மைக்ராஸ்கோப் நமது பார்வை எல்லைகளை விரியச் செய்து, ஒரு புதிய உலகத்தையே தெரியப்படுத்தியுள்ளது என்பதை அறிவோம்.

எட்கர் ஆலன் போவின் கதையில் வருபவர் பிரம்மாண்டமான வண்ணத்திப் பூச்சியில் காணத் தவறிய விவரங்களை மைக்ராஸ்கோப் ஏன் தருகிறது என்பதை நாம் இப்போது விளக்க முடியும். மைக்ராஸ்கோப் பெரிதாக்கப்பட்ட ஒரு பிம்பத்தைத் தருகிறது என்பது மட்டுமல்ல, அது பொருளை அதிக அளவுள்ள பார்வைக் கோணத்தில் காட்டுகிறது. எனவே, விழித்திரைப் பிம்பமும் அதிக அளவுக்குப் பெரிதாய் இருக்கிறது; அதிக எண்ணிக்கையுள்ள பார்வை உயிரணுக்களின்மீது பரந்துள்ளது; இதன் விளைவாய் அதிக எண்ணிக்கை கொண்ட தனிப்பட்ட பார்வைப் பதிவுகளை வழங்குகிறது. சுருக்கமாகச் சொன்னால், மைக்ராஸ்கோப் பொருளைப் பெரிதாக்கவில்லை, பொருளின் விழித்திரைப் பிம்பத்தைதான் பெரிதாக்குகிறது.

மாயத் தன்னேமாற்றம்

''ஒளியியல் மாயத் தோற்றம்'', அல்லது ''ஒலியியல் மாயத் தோற்றம்'' என்பதாய் அடிக்கடி பேசுகிறோம். ஆயினும், புலன்கள் நம்மை ஏமாற்றுவதாய்ச் சொல்ல முடியாது. ''நமது புலன்கள் நம்மை ஏமாற்றுவதில்லை. இதற்குக் காரணம், அவை எப்போதுமே சரியான தீர்ப்பு அளிக்கின்றன என்பதன்று; அவை எந்தத் தீர்ப்புமே அளிப்பதில்லை என்பதுதான்''—இவ்வாறு தத்துவவியலாளர் கான்ட் இது குறித்துப் பொருத்தமாகக் கூறியுள்ளார்.

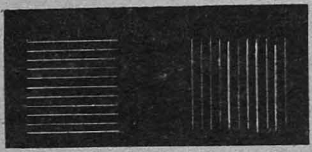
அவ்வாறாயின், நம்மை ஏமாற்றுவது எது? தீர்ப்பு அளிப்பதுதான், அதாவது நமது மூளைதான். உண்மையில், பெரும்பாலான ஒளியியல் மாயத் தோற்றங்கள் நாம் காண்பதிலிருந்து மட்டுமின்றி, காணுவதாக அடிமனத்தில் நாம் நினைப்பதிலிருந்தே உண்டாகின்றன. நாம் அறியாமலே நம்மையே ஏமாற்றிக் கொள்கிறோம். இந்த ஏமாற்றம் நாம் காணுவதாக, அல்லது கேட்பதாக நினைப்பதனால் உண்டாகிறதே

யன்றி, புலன்கள் உண்மையிலேயே பதிவு செய்வதனுல் உண்டாவதில்லை.

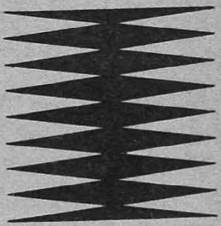
சுமார் இரண்டாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு லூக்ரீஷியஸ் என்பவர் எழுதினுர்:

''நமது கண்களினுல் பொருள்களின் தன்மையினைப் பற்றிய அறிவைப் பெற முடிவதில்லை; எனவே, மனத்தால் உண்டாகும் மாயைக்காக அவற்றைக் குறை கூறக் கூடாது.''

யாவரும் அறிந்த ஒளியியல் மாயத் தோற்றம் ஒன்றை எடுத்துக் கொள்வோம். படம் 130 இல் இரண்டு சித்திரங் களும் ஒரே பரப்பளவு உள்ளவையேயாளுலும், இடது பக் கத்திலுள்ள சித்திரம் வலது பக்கத்தில் இருப்பதைவிடக் குறுகலாக இருப்பது போலத் தோற்றமளிக்கிறது. இதற்குக் காரணம், இடது பக்கத்திலுள்ள சித்திரத்தின் உயரத்தை மதிப்பிடும் போது, நமது அடிமனத்தில் கோடுகளுக்கு இடையேயுள்ள இடைவெளிகளை நாம் கூட்டிக் கொள்ளு கிரோம். ஆகவேதான், இரண்டும் உண்மையில் ஒரே அளவு



படம் 130. எது அகல மானது: வலது சித்திரமா, இடது சித்திரமா?



படம் 131. எது பெரியது: உயரமா, அகலமா?

கொண்டதாயினும், அது சற்று அதிக உயரமாயிருப்பதாகத் தோன்றுகிறது. இதே காரணத்தினுல்தான், வலது பக்கத் தில் இருக்கும் சித்திரம் உயரத்தைவிட அகலம் அதிகமாயுள்ள தாகத் தோன்றுகிறது. படம் 131இலும் அகலத்தைவிட உயரம் அதிகமாயிருப்பதாகத் தோன்றுவதற்கும் இதுவே தான் காரணம்.

1/2 21 — 552

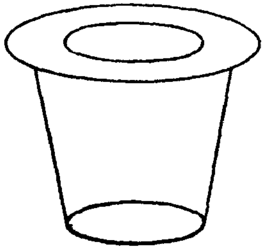
மேற்குறிப்பிட்ட ஒளியியல் மாயத் தோற்றக் கருத்தை ஒரே பார்வையில் கண்ணில் அடங்காத பெரிய உருவங்கள் குறித்து அனுசரிக்க முயன்றால், நாம் எதிர்பார்ப்பது நிகழ்வதில்லை. கட்டை குட்டையான ஒருவர் கிடைமட்டக் கோடுகள் உள்ள உடுப்பை அணிந்தால் அவர் மேலும் பருத்துவிட்டது போல் தோன்றுகிறார். மாறாக, செங்குத்தான கோடுகள் உள்ள உடுப்பை அணிந்தால், பருத்த உருவமுள்ளவர்கூடச் சற்று ஒல்லியாகத் தோற்றமளிக்க முடியும்.

ஏன் இந்த முரண்பாடு? ஏனெனில் கண்ணை நகர்த்தாமல் ஒரே பார்வையில் நம்மால் அவர் முழு உடுப்பையும் பார்க்க முடிவதில்லை. கண்ணை நகர்த்தும் போது நம்மையறியாமலேயே கோடுகள் வழியே பார்வையைச் செல்லவிடுகிறோம். இச்செயலில் நமது கண் தசைகள் மேற்கொள்ளும் முயற்சி, கோடுகள் செல்லும் திசையில் அவர் உருவத்தை நாம் பெரிதாக்கிக் கற்பனை செய்து கொள்ளும்படிச் செய்கிறது. ஏனெனில், பார்வைப் புலனினுள் முழுதும் இல்லாத பெரிய பொருள்களைப் பார்ப்பதுடன் இம்முயற்சியைத் தொடர்புபடுத்துவதற்கு நாம் பழக்கப்பட்டு விட்டோம். மாறாக, கோடிட்ட ஒரு சிறிய படத்தைப் பார்க்கும் போது, நமது கண் நகர்வதில்லை; எனவே கண் தசைகளின் முயற்சி இங்கு வேண்டியிருப்பதில்லை.

எது பெரியது?

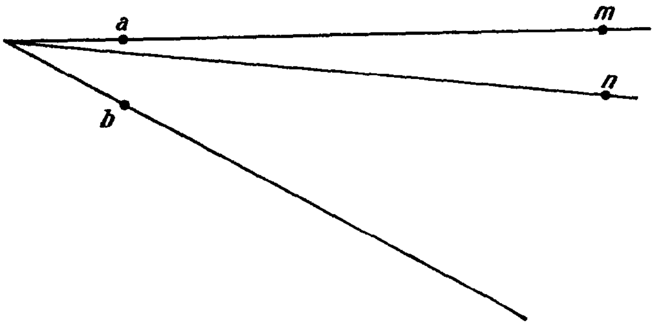
படம் 132இல் எந்த நீள்வட்டம் பெரியது—கீழே இருப்பதா, அல்லது மேலே உட்புறமாக இருப்பதா? கீழேயிருப்பது மேலேயுள்ளதைவிட பெரிதாகத் தோன்றுகிறது, இல்லையா? உண்மையில், அவை இரண்டும் ஒரே அளவுள்ளவைதாம். வெளியே விளிம்பு போல் சுற்றியிருக்கும் நீள்வட்டத்தினால்தான், உள்ளேயிருக்கும் நீள்வட்டம் கீழே இருப்பதை விடச் சிறிதாயிருப்பது போன்ற மாயத் தோற்றம் உண்டாகிறது. இம்மாயத் தோற்றம், முழுச் சித்திரமும் தட்டையாயில்லாது முப்பரிமாணம் உள்ளதாகவும், வாளியைப் போன்ற அமைப்புள்ளதாகவும் இருக்கும் போது,

மேலும் அதிகமாகிறது. நம்மையறியாமலேயே நீள்வட்டங்களை தொலைவுக் காட்சியின் காரணமாய் ஒடுக்கப்பட்ட வட்டங்களாகவும் பக்கங்களிலுள்ள நேர் கோடுகளை வாளியின் பக்கங்களைக் குறிக்கும் சாய்ந்த கோடுகளாகவும் மனத்தில் வரைந்து கொள்ளுகிறோம்.



படம் 132. எந்த நீள் வட்டம் பெரியது: கீழேயிருப்பதா, மேலே உட்புறமாக இருப்பதா?

படம் 133இல், a, b புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு m, n புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவைவிட அதிகமானதுபோல் தோன்றுகிறது. அதே உச்சியிலிருந்து புறப்படும் ஒரு மூன்றாவது கோடு இம்மாயத் தோற்றத்தை அதிகப்படுத்திக் காட்டுகிறது.



படம் 133. ab, mn இவ்விரண்டு தொலைவுகளில் எது பெரியது?

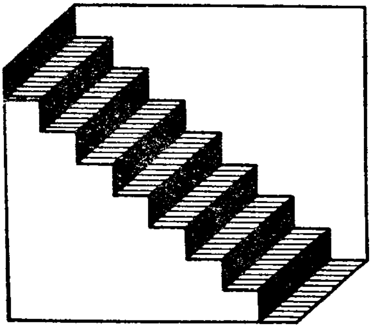
கற்பனையின் ஆற்றல்

நான் ஏற்கனவே கூறியிருப்பது போல், பெரும்பாலான ஒளியியல் மாயத் தோற்றங்கள் நாம் காண்பதை மட்டுமின்றி, நாம் காண்பதாகக் கற்பனை செய்து கொள்வதையும் பொறுத்திருக்கின்றன. ''நாம் நமது மூளையினால் பார்க்கிறோம், கண்களினால் அல்ல'' என்று சொல்லுவார்கள்

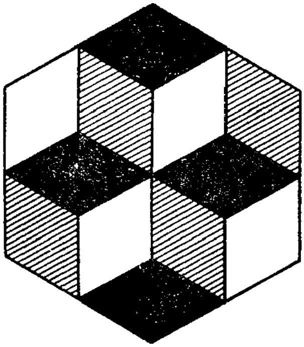
உடலியலாளர்கள். பார்க்கையில் கற்பனை உணர்வுபூர்வமான பங்கு ஆற்றும் பின்வரும் மாயத் தோற்றங்களைத் தெரிந்து கொண்ட பின் நீங்கள் இதை நிச்சயம் ஒத்துக் கொள்வீர்கள்.

படம் 134 ஐப் பாருங்கள். உங்கள் நண்பர்களிடம் அந்தக் காண்பித்தீர்களேயானால், அது எதைக் குறிக்கிறது என் பதைப் பற்றி மூன்று வெவ்வேறான விடைகள் கிடைக்கலாம். ஒருவர் மாடிப்படி என்றும், மற்றொருவர் சுவரின் முகப்பு அலங்காரம் என்றும், மூன்றாமவர் துருத்தி போன்று மடிக்கப் பட்டு வெள்ளைச் சதுரத்தில் குறுக்கே நீட்டி வைக்கப்பட் டிருக்கும் ஒரு காகிதத் துண்டு என்றும் கூறுவார்.

இதில் வேடிக்கை என்னவென்றால், மூன்று விடைகளுமே சரியானவைதாம். படத்தை வெவ்வேறு விதங்களில் பார்த் தால் நீங்கள் மூன்று மாயத் தோற்றங்களையும் பார்ப்பீர்கள். முதலாவதாக, படத்தின் இடது பாதியில் உங்கள் பார்வை யைச் செலுத்துங்கள்—மாடிப்படியைப் பார்ப்பீர்கள். பிறகு, வலமிருந்து இடமாகப் படத்தின் குறுக்கே கண்ணை நகர்த் துங்கள் — முகப்பு அலங்காரம் புலப்படும். முடிவாக, கீழே வலது பக்கத்துக் கோடியிலிருந்து மேலே இடது பக்கத்துக்



படம் 134. இது என்ன: மாடிப்படியா, முகப்பு அலங் காரமா, அல்லது துருத்தி போல் மடிக்கப் பட்டுள்ள காகிதத் துண்டா?



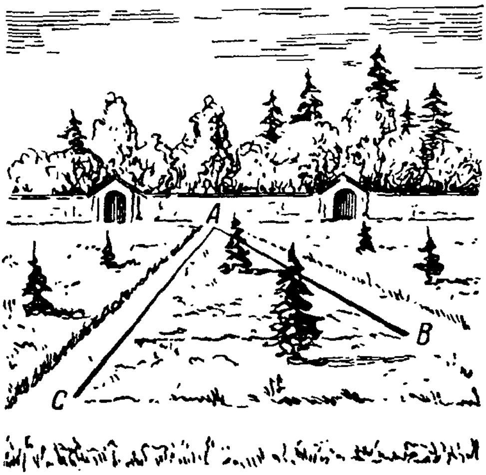
படம் 135. கனசதுரங் கள் இங்கே எவ்வாறு அமைந்துள்ளன? இரு கனசதுரங்கள் அருகரு கே இருப்பது எங்கே: மேலேயா, கீழேயா?

கோடிக்கு மூலைவிட்டமாக உங்கள் கண்ணை நகர்த்தினால், காகிதத்துண்டு துருத்திபோல் மடித்து வைக்கப்பட்டிருப்பது போன்ற தோற்றத்தை நீங்கள் காண்பீர்கள். நீண்ட நேரம் அந்தப் பார்த்தால், உங்கள் கவனம் அலையும்; எனவே, எதைப் பார்க்க வேண்டும் என்று நீங்கள் விரும்புவதைப் பொறுத்தில்லாமல், முதலாவது அல்லது இரண்டாவது அல்லது மூன்றுவது மாயத் தோற்றம் மாறி மாறி தோன்றும். படம் 135ம் இதே மாதிரியான ஒரு விளைவையே காண்பிக்கிறது.

படம் 136இல் தென்படும் மாயத் தோற்றம் மிகவும் வேடிக்கையானது. நம்மையறியாமலேயே AB, ACஐ விட நீளம் குறைவானது என்று எண்ணுகிறோம், உண்மையில் இரண்டும் சம நீளமுள்ளவையே.

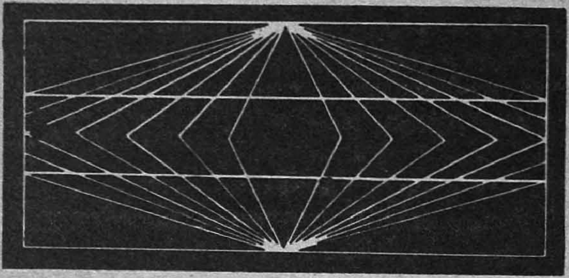
மேலும் சில ஒளியியல் மாயத் தோற்றங்கள்

எல்லா ஒளியியல் மாயத் தோற்றங்களையும் நம்மால் விளக்க முடிவதில்லை. குறிப்பிட்ட ஒளியியல் மாயத் தோற்றம்



படம் 136. AB, AC, இரண்டு கோடுகளில் எது அதிக நீளமானது?

ஒன்றை உண்டாக்குவதற்கு நமது மூளை அடிமன அளவில் என்னென்ன முடிவுகளைச் செய்கிறது என்பதை நம்மால் பல சந்தர்ப்பங்களிலும் ஊகிக்க முடிவதில்லை. படம் 137இல் இரண்டு வில்வடிவ வளைவுகள், புடைப்புகள் ஒன்றையொன்று எதிர்த்திருக்கும் நிலையில் தெளிவாகக் காணப்படுகின்றன; ஆனால், மட்டக்கோல் ஒன்றை இந்த "வில்வடிவ வளைவு

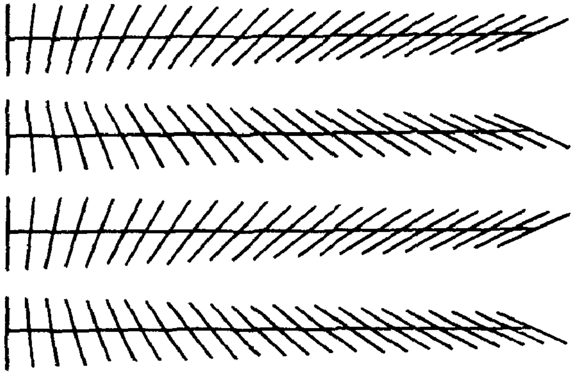


படம் 137. நடுவில் வலது பக்கத்திலிருந்து இடது பக்கம் செல்லும் இரு கோடுகள் எதிர்த்திருக்கும் புடைப்புகளுடன் கூடிய வில் வடிவ வளைவுகளைப் போலத் தோன்றினாலும், அவை நேரான இணை கோடுகளே. இந்த மாயத் தோற்றம் பின்வரும் நிலைகளில் மறைகிறது: 1. படத்தைக் கண் மட்டத்திற்கு உயர்த்தி, கோடுகளை நீளவாட்டில் பாருங்கள்; 2. ஒரு பென்சில் முனையைப் படத்தில் ஏதாவதொரு புள்ளியில் வைத்து, அப்புள்ளியையே உற்று நோக்குங்கள்.

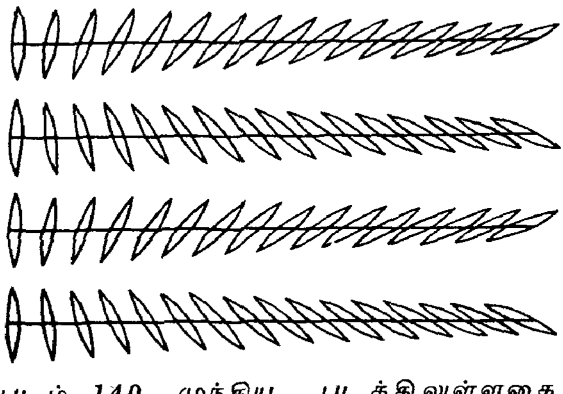
களின்" மீது வைத்துப் பாருங்கள்; அல்லது கண் மட்டத்தில் படத்தை வைத்துக் கொண்டு நீளவாட்டில் உற்று நோக்குங்கள்—அவை நேர்கோடுகளே என்பதை உணர்ந்து வியப்புறுவீர்கள். ஏன் இந்த மாயத் தோற்றம்? அதை விளக்குவது அவ்வளவு எளிதல்ல.

இதே மாதிரியான மாயத் தோற்றங்களுக்கு மேலும் சில எடுத்துக்காட்டுகள். படம் 138இல், நேர் கோடு சமமில்லாத பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருப்பது போல் தோன்றுகிறது. ஆனால் அவற்றை அளந்து பார்த்தால், அவை சமமாய் இருப்பதைக் காண்பீர்கள். 139, 140ஆம் படங்களில்

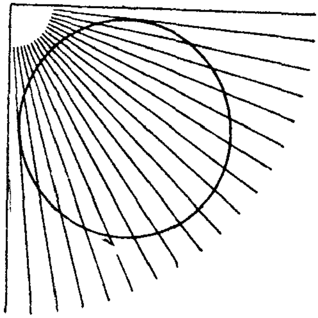
படம் 138. இந்த நேர்கோடு ஆறு சம பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளதா?



படம் 139. இணை கோடுகள் இணையாய் இருப்பதாகத் தோன்றவில்லை.



படம் 140. முந்திய படத்திலுள்ளதை ஒத்த மாயத் தோற்றங்கள்.



படம் **141.** இது ஒரு வட்டமா?

படம் 142. ''புகைக் குழாய்'' மாயத் தோற்றம். இடது புறக் கோடுகளைவிட வலது புறக் கோடுகள் குட்டையாய்த் தோன்றுகின்றன. உண்மையில் அவை ஒரே அளவுள்ளவையே.

நேரான இணைகோடுகள் வளைந்திருப்பவை போல் தோன்றுகின்றன. படம் **141**இல், வட்டம் முட்டை வடிவமானது போல் தோற்றமளிக்கிறது.

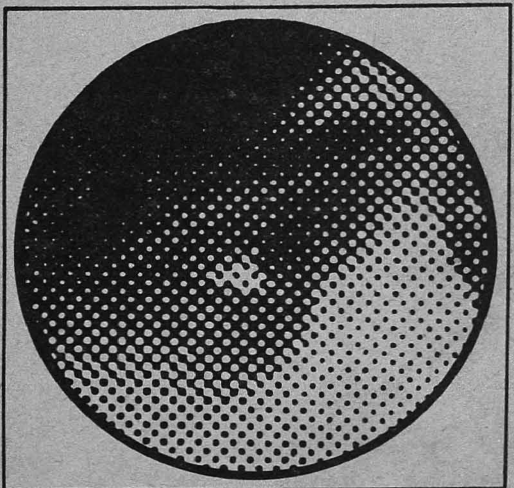
*138, 139, 140*ஆம் படங்களில் காணப்படும் ஒளியியல் மாயத் தோற்றங்களை மின்பொறி ஒன்றின் வெளிச்சத்தில் பார்த்தால், அவை நம்மை ஏமாற்றுவதில்லை. எனவே, இம் மாயத் தோற்றங்கள் கண்ணின் ஓர் இயக்கத்துடன் சம்பந்தப்பட்டவை என்பது தெளிவு—மின்பொறியின் கணநேர ஒளி வீச்சுடன் ஒப்பிடுகையில், கண்ணின் இயக்கம் மிக மெல்ல இயங்கும் ஒன்ருகும்.

''புகைக் குழாய்'' எனப்படும் மற்ருெரு வேடிக்கையான மாயத் தோற்றம் உண்டு. படம் 142ஐப் பாருங்கள். எந்தக் கோடுகள் நீளமானவை—இடது பக்கம் இருப்பவையா, வலது பக்கம் உள்ளவையா என்று சொல்லுங்கள், பார்க்கலாம். இரண்டும் சமமே என்ருலும், இடது பக்கத்துக் கோடுகள் அதிக நீளமாய்த் தோன்றுகின்றன. (நிற்க, ''புகைக் குழாயின்'' இரு பகுதிகளது பரப்புகளும் சமம் என்னும் வடிவ கணிதக் கோட்பாட்டை இப்படம் விளக்குகிறது.) விசித்திரமான இம்மாயத் தோற்றங்களை விளக்குவதற்குப் பல காரணங்கள் கூறப்பட்டுள்ளன; ஆனுல் அவை திருப்தியளிப்பனவாயில்லை. எனவே அவற்றை நான் இங்கே எடுத்துச் சொல்லவில்லை. எனினும், ஒன்று மட்டும் தெளிவு: நாம் உண்மையிலேயே எதைக் காண வேண்டுமோ அதைப் பார்க்காமல்

தடுக்கும் அடிமனத்திலிருந்தே இம்மாயத் தோற்றங்கள் உண்டாகின்றன. (அறுபதுக்கு மேற்பட்ட மாயத் தோற்றங்கள் கொண்ட படத் தொகுதியை நான் தயாரித்தேன்.)

என்ன இது?

படம் *143* எதைக் குறிக்கின்றது என்பதை உங்களால் உடனே ஊகிக்க முடியுமா என்பது சந்தேகமே. அது ஏதோ ஒரு கறுப்பு வலையின் வட்டமான பகுதி என்றே நினைப்பீர்கள். ஆயினும், புத்தகத்தை மேஜையின் மீது செங்குத்தாக நிறுத்தி, மூன்று அல்லது நான்கு அடிகள் பின்னால் சென்று, மீண்டும் அதைப் பாருங்கள். அப்போது, மனிதக் கண் ஒன்று உங்களுக்குப் புலப்படுகிறது. ஆனால், அருகே வந்த மறுகணமே வலையைத் தவிர வேறு எதையும் நீங்கள் காண்பதில்லை. திறமையான செதுக்கு வேலைக் கலைஞன் ஒருவனால் செய்யப்பட்ட கலைமிகு தந்திரம் என்பதாய் நீங்கள் எண்ணலாம்.



படம் *143*. தொலைவிலிருந்து பார்த்தால், வலப் பக்கம் திரும்பியுள்ள பெண்ணின் கண்ணும் மூக்கின் பகுதியும் தெரியும்.

இல்லை, ''ஆஃப்டோன்''* படங்களைப் பார்க்கும் போதெல்லாம் நாம் ஏமாற்றத்திற்குள்ளாகும் ஒளியியல் மாயத் தோற்றத்திற்கு இது ஒரு சாதாரண எடுத்துக்காட்டு. புத்தகங்களிலும் பத்திரிகைகளிலுமுள்ள படங்கள் ஒரு திடமான பின்னணியில் மொத்தமாகச் சேர்ந்தாற் போலவே தோன்றுகின்றன. ஆனால், உருப்பெருக்குக் கண்ணாடி மூலமாய் அவற்றைக் கூர்ந்து நோக்கினால், படம் 143இல் காட்டப்பட்டிருப்பதைப் போன்ற புள்ளிகளின் அமைப்பையே காணுவீர்கள். மூளையைக் குழப்பும் இந்தப் படம் ஒரு சாதாரணப் புத்தகத்திலுள்ள படத்தின் பகுதிதான்; ஆனால் பத்து மடங்கு பெரிதாக்கப்பட்டது. புள்ளிகள் சிறியதாயிருந்தால், படிக்கும் போது நாம் புத்தகத்தைப் பிடித்துக் கொள்ளும் வழக்கமான தூரத்தில் அது ஒரே திடமான பின்னணியில் மொத்தமாக ஒன்றியிணைந்துவிடுகிறது. ஆனால் புள்ளி பெரிதாயிருந்தால், அதிகமான தூரத்தில்தான் அது அவ்வாறு ஒரே திடமான பின்னணியில் மொத்தமாக ஒன்றியிணையும். பார்வைக் கோணத்தைப் பற்றி நான் சொல்லியதை நினைவுப்படுத்திக் கொண்டால், இதன் காரணம் விளங்கும்.

விந்தைச் சக்கரங்கள்

வேகமாய் ஓடும் வண்டி அல்லது காரின் சக்கரங்களிலுள்ள ஆரக்கால்களைச் சுவர் இடுக்குகள் வழியாகவோ, அல்லது இன்னும் சிறப்பாய் சினிமாத் திரையிலோ கவனித்திருக்கிறீர்களா? கவனித்தீர்களாயின் ஒரு விசித்திர விவரத்

---

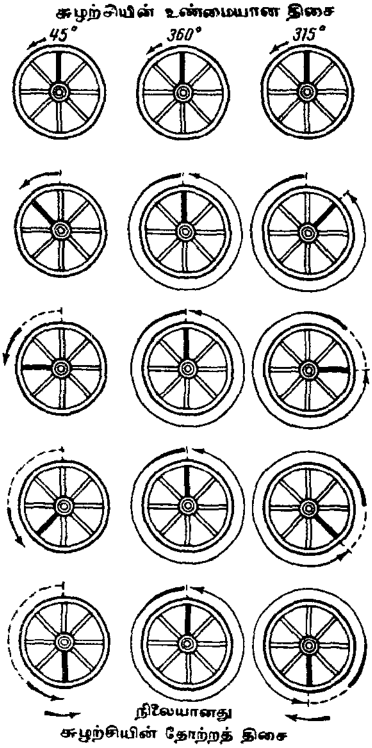
* படங்களை அச்சிடுவதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் ஒரு முறை. அச்சிடப்பட வேண்டிய படத்தின் வெவ்வேறு சாயல் அழுத்தங்களை (அதாவது ஒளி, நிழல் ஆகியவற்றின் அழுத்தங்களை), படத்தைப் பல சிறு பகுதிகளாகப் பிரித்துவிடும் ஒரு திரை மூலமாகப் புள்ளிகள் வடிவில் ஓர் உலோகத் தகட்டின் மீது புகைப்படவியல் முறையில் கொண்டுவந்துவிட முடியும். அச்சிடப்பட வேண்டிய பிரதியின் தன்மைக்கேற்ப திரையிலுள்ள கண்களின் அளவும் எண்ணிக்கையும் அமைகின்றன. இத்தகைய தகடு 'ஆஃப்டோன்' தகடு என்றும், இம்முறையில் அச்சடிக்கப்பட்ட படங்கள் 'ஆஃப்டோன்' படங்கள் என்றும் சொல்லப்படுகின்றன.—**மொழி பெயர்ப்பாளர்.**

தைக் காண்பீர்கள்: கார் வேகமாய் ஓடினாலும் அதன் சக்கரங்கள் சுற்றாமல் இருக்கும். சில சமயம் சக்கரங்கள் எதிர்த் திசையில் சுற்றுவதைக் காண்பீர்கள். இந்த ஒளியியல் மாயத் தோற்றம் மிகவும் விந்தையாய் இருக்கும், முதல் முறை இதைக் காண்போர் திகைப்புற்றுவிடுவர்.

இதன் விளக்கம் வருமாறு. சுழலும் சக்கரத்தைச் சுவர் இடுக்கள் வழியே நோக்கும் நாம் சக்கர ஆரக்கால்களை இடையறாத இயக்கத்தில் தொடர்ந்து காண்பதில்லை. குறிப்பிட்ட இடை நேரங்களில் விட்டுவிட்டே காண்கிறோம் — சுவர் இடையிடையே அவை நம் கண்ணில் படாதபடித் தடுகிறது. இதே முறையில் சினிமாத் திரையில் சக்கரத்தின் பிம்பங்களை விட்டுவிட்டு வினாடிக்கு 24 படங்கள் வீதம் பார்க்கிறோம். இதனால் மூன்று வகைப்பட்ட நிலைமைகள் எழுகின்றன. இவற்றை ஒவ்வொன்றாய்ப் பரிசீலிப்போம்.

முதல் நிலைமையில் சக்கரமானது முதலாவது இடை நேரத்தில் பல முழுச் சுற்றுகள் சுற்றுகிறது—சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை இரண்டானாலும் இருபதானாலும் ஒன்றுதான். இந்த நிலைமையில் திரையில் தெரியும் ஒரு பிம்பத்தில் ஆரக்கால்கள் எந்த நிலையில் இருக்கின்றனவோ அதே நிலையில்தான் அடுத்த பிம்பத்திலும் தெரியும். அடுத்த இடைநேரத்தில் சக்கரம் மீண்டும் அதே எண்ணிக்கையிலான முழுச் சுற்றுகள் சுற்றுகிறது (இடைநேரத்தின் அளவும் ஓடும் காரின் வேகமும் மாறாமல் நிலையாய் இருக்கின்றன.) ஆகவே மீண்டும் ஆரக்கால்கள் அதே நிலையில் இருக்கக் காண்கிறோம். எல்லாப் படங்களிலும் ஆரக்கால்களை ஒரே நிலையில் காணும் நாம் சக்கரம் சுழலாமல் இருப்பதாய் முடிவு செய்து கொள்கிறோம் (படம் 144இல் நடுப் பத்தி).

இரண்டாவது நிலைமையில் சக்கரம் ஒவ்வோர் இடை நேரத்திலும் குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையுள்ள முழுச் சுற்றுகளும் அதற்கு மேல் ஒரு சுற்றில் சிறு பகுதியும் சுற்றுகிறது. ஒன்றின்பின் ஒன்றாய் வரிசையாய்ப் பிம்பங்களைப் பார்க்கும் முழு எண்ணிக்கையுள்ள சுற்றுகளைக் காண்பதில்லை; மாறாக ஒவ்வொரு பிம்பத்திலும் ஒரு சுற்றின் ஒரு சிறு பின்னத்தைக் குறிக்கும் மெதுவான சுழற்சியையே காண்கிறோம். ஆகவே மோட்டார்க் கார் விரைவாகச் சென்று கொண்டிருந்தாலும், சக்கரம் மெல்லச் சுழலுவதாய் நமக்குத் தோன்றுகிறது.



படம் 144. சினிமாத் திரையில் காணக் கூடிய வண்டிச் சக்கரங்களது அதிசய இயக்கத்தின் விளக்கம்.

மூன்ருவது நிலைமையில் இரண்டு பிம்பங்களுக்கு இடையிலுள்ள இடைநேரத்தின் போது சக்கரம்—ஒரு முழுச் சுற்றில் சிறிதளவே குறைவான (எடுத்துக்காட்டாக, படம் 144இன் மூன்ருவது பத்தியில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் 315டிகிரி அளவுள்ள)—நிறைவு பெருத சுற்றே சுற்றுகிறது. இந்த நிலைமையில், சக்கரத்தின் ஆரக்கால் எதிர்த்திசையில் சுழன்று கொண்டிருப்பதாகத் தோன்றுகிறது—சக்கரம் அதிக விரைவாகவோ அல்லது மெல்லவோ செல்லும் வரை இம் மாயத் தோற்றம் நீடிக்கிறது.

இதற்குமேல் சொல்லுவதற்குச் சிறிதளவே இருக்கின்றது. முதலாவது நிலைமையில், பிரச்சினையை எளிதாக்கும் பொருட்டு, முழு எண்ணிக்கையுள்ள சுற்றுகள் என்று சொன்ஞேம். ஆயினும், சக்கரத்தின் ஆரக்கால்கள் யாவும் ஒரே மாதிரியாகவே இருப்பதால், ஆரக்கால்களுக்கிடையேயுள்ள இடைவெளிகளின் முழு எண்ணிக்கை அளவிற்குச் சக்கரம் சுற்றினுலே போதுமானது. மற்ற இரண்டு நிலைமைகளுக்கும்கூட இது பொருந்தும்.

மேலும், பின்வரும் சுவையான விவரங்களும் உள்ளன. விளிம்பு வளையத்தில் ஏதாவதோர் இடத்தில் குறியிடப்பட்டிருந்தால், விளிம்பு வளையம் ஒரு திசையிலும் ஒரே மாதிரியாக உள்ள ஆரக்கால்கள் எதிர்த் திசையிலும் நகரக் காண்போம். ஆரக்காலில் குறியிடப்பட்டிருந்தால், ஆரக்காலிலிருந்து ஆரக்காலுக்குத் தாவிச் செல்லும் குறிக்கு எதிர்த் திசையில் ஆரக்கால்கள் நகருவதைப் பார்க்கலாம்.

சினிமாத் திரையில் கதைப் படத்தையோ, செய்திப் படத்தையோ பார்த்துக் கொண்டிருக்கும்போது, இம்மாயத் தோற்றத்தினுல் நமக்கு எந்த விதமான தொந்தரவும் ஏற்படுவதில்லே. ஆனுல் ஓர் இயந்திரம் இயங்கும் முறையை விளக்குவதற்காக எடுக்கப்பட்ட படமாயிருந்தால் இந்த ஒளியியல் மாயத் தோற்றத்தினுல் தவருன எண்ணங்கள் ஏற்படலாம்; இயந்திரம் இயங்கும் உண்மையான முறைக்கு முற்றிலும் மாறுபட்ட ஒரு கருத்துகூட உண்டாகலாம்.

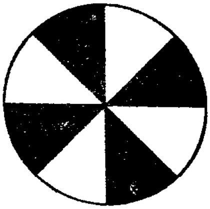
திரைப் படத்தை மிகவும் கவனமாய்ப் பார்ப்போமாயின் ஒரு விஞடியில் சக்கரம் எத்தனேச் சுற்றுகள் சுற்றுகிறது என்பதை அதன் ஆரக்கால்களே எண்ணி எளிதில் கணக்கிட்டுவிடலாம். திரைப் படம் காட்டப்படும் சாதாரண வேகம் விஞடிக்கு 24 பிம்பங்களாகும். பன்னிரண்டு ஆரக்கால்கள் உள்ள ஒரு சக்கரத்தை எடுத்துக்கொண்டால், ஒரு விஞடியில் அது சுற்றும் சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை 24 : 12 = 2. அதாவது அரை விஞடிக்கு ஒரு முழுச் சுற்று ஆகிறது. சுற்றுக்களின் குறைந்தபட்ச எண்ணிக்கை இது. இரண்டு, மூன்று என்பன போன்ற முழு எண்ணிக்கையான மடங்கு அதிகமான சுற்றுகளும் சுற்றலாம். சக்கர விட்டத்தின் அளவை மதிப்பிட்டு மோட்டார்க் கார் எவ்வளவு வேகமாய்ச் செல்லுகிறது என்பதைக்கூட நாம் ஊகிக்க முடியும். சக்கரத்தின் விட்டம் 80 சென்டிமீட்டராயிருந்தால், இப்போது விவரிக்கப்பட்ட எடுத்துக்காட்டில், மோட்டார்க் காரின் வேகம் மணிக்கு சராசரி 18 கிலோமீட்டர்—அல்லது 36, அல்லது 54 கிலோமீட்டர் என்றவாருக இருக்கும்.

விரைவாகச் சுழலும் தண்டுகளின் சுற்றுக்களேக் கணக்கிடுவதற்கு இஞ்சினியர்கள் இந்த ஒளியியல் மாயத் தோற்றத்தைப் பயன்படுத்துகின்றனர். அவர்கள் கையாளும் முறை வருமாறு. மாறு மின்னேட்டத்தினுல் எரியும் மின்விளக்கின் ஒளிர்வுத் திறன் நிலேயாக இருப்பதில்லே. விஞடியில் நூறில் ஒரு பங்கு நேரத்திற்கு ஒரு தரம் அதன் ஒளி மங்குகிறது. இவ்வாறு அது விட்டுவிட்டு மின்னுவதை நாம் சாதாரணமாகப் பார்ப்பதில்லே. இருந்தாலும், படம் 145இல் காட்டப்பட்டுள்ள சுழலும் தட்டு அத்தகைய மின்விளக்கு ஒன்றின் ஒளியில் பிரகாசிப்பதாய் வைத்துக் கொள்ளுங்கள். விஞடியின் நூறில் ஒரு பங்கு நேரத்தில் தட்டு 1/4 சுற்று சுற்று

வதாலுல், ஒரே சீரான சாம்பல் நிற வட்டத்திற்குப் பதிலாக, தட்டு நிலையாக இருந்தால் தோன்றுவது போல், கறுப்பும் வெளுப்புமாயுள்ள பகுதிகளையே நாம் பார்ப்போம். சக்கரத்தில் ஏற்படும் ஒளியியல் மாயத் தோற்றத்திற்கான காரணங்களைப் புரிந்து கொண்டவர்கள் இது ஏன் நிகழ்கிறது என்பதையும், சுழலும் தண்டு ஒன்றின் சுழற்சிகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுவதற்கு இதை எவ்வாறு பயன்படுத்த முடியும் என்பதையும் அறிந்து கொள்வார்கள்.

மெல்ல இயங்கும் "மைக்ராஸ்கோப்"

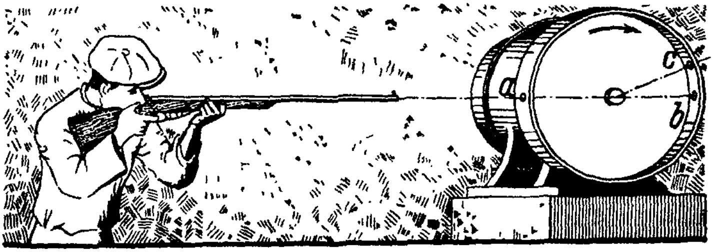
பொழுதுபோக்குப் பௌதிகம், முதல் புத்தகத்தில் மெல்ல இயங்கும் புகைப்படக் காமிராவைப் பற்றி உங்களுக்குச் சொன்னேன். அதே விளைவை வேறொரு வழியில், சற்று முன் நான் விவரித்த தோற்றத்தின் அடிப்படையில் அடைய முடியும். படம் 145இல் காட்டப்பட்டிருக்கும், விநாடிக்கு 25 சுற்றுகள் சுற்றும் தட்டு விநாடிக்கு 100 ஒளி வீச்சுகளில் பிரகாசிக்கும் போது, அது நிலையாக இருப்பது போல் தோன்றுகிறது என்பதை நீங்கள் ஏற்கனவே அறிவீர்கள். இப்போது, விநாடிக்கு 100 ஒளி வீச்சுகளுக்குப் பதிலாக 101 ஒளி வீச்சுகள் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்ளுங்கள். அடுத்தடுத்த இரண்டு ஒளி வீச்சுகளுக்கிடையே உள்ள இடைநேரத்தில் தட்டு முன்னைப் போல் ஒரு முழு கால்சுற்று சுழலாது; எனவே, தட்டின் குறிப்பிட்ட பகுதி தனது துவக்க நிலையை அடையாது. அது பரிதியில் (அதாவது வட்டத்தின் சுற்றுக்கோட்டில்) நூறில் ஒரு பங்கு பின்தங்குவதைப் பார்க்கலாம். அடுத்த ஒளி வீச்சில் இன்னொரு நூறில் ஒரு பங்கு பின்தங்குவதாகவும், இவ்வாறே அடுத்தடுத்து ஒவ்வொரு தடவையும் மென்மேலும் நூறில் ஒரு பங்கு பின்தங்குவதாகவும் தோன்றும். தட்டு விநாடிக்கு ஒரு முழுச் சுற்று **பின்பக்கமாகச்** சுற்றுவது போல் தோன்றும். இங்ஙனம், இயக்கத்தின்



படம் 145. இஞ்சின் சுழலும் வேகத்தைக் கணக்கிடுவதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் வட்டு.

வேகம் 25 மடங்கு குறைக்கப்பட்டுவிட்டதாகத் தோன்றுகிறது.

பின்பக்கமாகச் செல்லாது முன்பக்கமாகவும் செல்வதைக் காண முடியும். இதற்கு ஒளி வீச்சுக்களின் எண்ணிக்கையை அதிகப்படுத்துவதற்குப் பதிலாகக் குறைக்க வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு வினாடியில் 99 ஒளி வீச்சுக்களை உண்டாக்கினால், தட்டு ஒரு வினாடிக்கு ஒரு சுற்றுச் சுற்றி. முன்பக்கமாகச் செல்வதாகத் தோன்றும்.



படம் 146. துப்பாக்கிக் குண்டின் வேகத்தைக் கணக்கிடும் முறை.

நேரம் தாழ்த்தும் திறன் 25 ஆக உள்ள ''மைக்ராஸ்கோப்'' என்று நாம் குறிப்பிடக் கூடியது இதுதான். இத்திறனை இன்னும் அதிக அளவிற்கும் நம்மால் குறைக்க முடியும். எடுத்துக்காட்டாக, 10 வினாடிக்கு 999 ஒளி வீச்சுக்கள், அல்லது ஒரு வினாடிக்கு 99.9 ஒளி வீச்சுக்கள் என்று இருந்தால், நமது தட்டு பத்து வினாடியில் ஒரு தடவை ஒரு முழுச் சுற்று சுற்றுவதாகத் தோன்றும். அப்போது, நமக்குக் கிடைக்கும் நேரம் தாழ்த்தும் திறனின் அளவு 250 ஆகும்.

விரைவாகவும், குறிப்பிட்ட ஓர் இடைநேரத்தில் மீண்டும் மீண்டும் நிகழும் எந்த இயக்கத்தின் வேகத்தையும் இவ்வாறு குறைக்க முடியும். மிக விரைவாக இயங்கும் இயந்திர அமைப்புகளின் இயல்புகளை ஆராய்வதற்கான ஓர் எளிய வழி இதிலிருந்து நமக்குக் கிடைக்கிறது. [சற்றுமுன் குறிப்பிடப்பட்ட கோட்பாடே, விரைவாக மாறி மாறி நடை

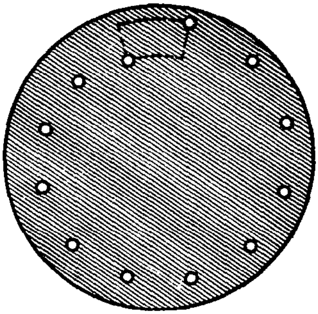
பெறும் நிகழ்ச்சிகளின் ஆவர்த்த எண்ணிக்கையை அளவிடுவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் ஸ்டிராபஸ்கோப் (சுழற்சி காட்டி) கருவியின் கோட்பாடாகும். இதில் மிகத் திட்டமான அளவிற்கு விடை கிடைக்கிறது—எடுத்துக்காட்டாக, எலக்ட்ரான் சுழற்சிகாட்டியில் 0.001 சதவீத அளவுக்குத்தான் பிழை ஏற்படும்.—பதிப்பாசிரியர்.]

கடைசியாக, ஒரு துப்பாக்கிக் குண்டு செல்லும் வேகத்தைக் கணக்கிடுவதற்குக் கையாளப்படும் வழி ஒன்றை விவரிக்கிறேன். இதற்கு அடிப்படையாய் அமைவது, சுழலும் தட்டு எத்தனை தரம் சுற்றுகிறது என்பதை நாம் கரராய்க் கணக்கிட முடியும் என்பதே. அட்டையினுலான உருளை ஒன்று (படம் 146), வேகமாய்ச் சுழலும் ஓர் அச்சின் மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சுடுபவன் உருளையின் விட்டக் கோட்டில் குண்டை விட்டு அதன் விளிம்பில் இரண்டு இடங்களில் துளையிடுகிறுன். உருளை நிலையாக இருந்தால், துப்பாக்கிக் குண்டினுல் உண்டாக்கப்படும் துளைகள் ஒரே விட்டத்தின் இரு முனைகளிலும் இருக்கும். ஆனுல், உருளை சுழன்று கொண்டிருப்பதால், துப்பாக்கிக் குண்டு ஒரு முனையிலிருந்து மறு முனைக்குச் செல்லும் நேரத்தில், b என்னும் இடத்திற்குப் பதிலாக c என்னும் இடத்தில் துளையிடுகிறது. உருளை சுற்றும் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையும் அதன் விட்டத்தின் அளவும் தெரிந்திருந்தால், bc வளைவின் அளவைக்கொண்டு துப்பாக்கிக் குண்டின் வேகத்தை நாம் கணக்கிட்டுவிடலாம். ஓரளவு கணிதம் தெரிந்தவர் எவரும் விடை கண்டுவிடக் கூடிய ஒரு வடிவ கணிதக் கணக்கு இது.

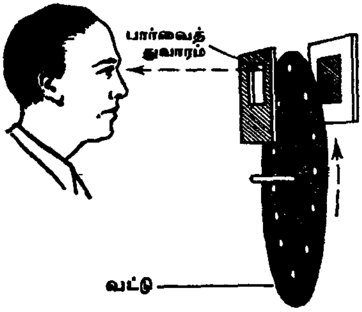
நிப்கோவ் வட்டு

முதலாவது தொலைக்காட்சிப் பெட்டிகளில் உபயோகிக்கப்பட்ட நிப்கோவ் வட்டு, ஒளியியல் மாயத் தோற்றத்தின் தொழில்நுட்பப் பயன்பாட்டுக்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும். 2 மில்லிமீட்டர் விட்டமுள்ள சுமார் பன்னிரண்டு சிறிய துளைகளையுடைய வட்டு ஒன்றைப் படம் 147 காட்டுகிறது. விளிம்பிற்கு அருகே சுருள் வடிவில் சமதூரத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ள இத்துளைகளில் ஒவ்வொன்றும் அதற்கு முந்தியிருக்கும் துளையைவிட 2 மில்லிமீட்டர் மையத்துக்கு

அருகாமையில் இருக்கிறது. இதில் என்ன சிறப்பு இருக்கிறது என்று நீங்கள் கேட்கலாம். ஆனால் இந்த வட்டை அச்சுத் தண்டில் பொருத்தி, பார்ப்பதற்கான ஒரு சிறிய சன்னலை வட்டிற்கு முன்புறத்திலும் அதே அளவுள்ள படம் ஒன்றை அதற்குப் பின்புறத்திலும் வைத்து (படம் 148) அதை வேக



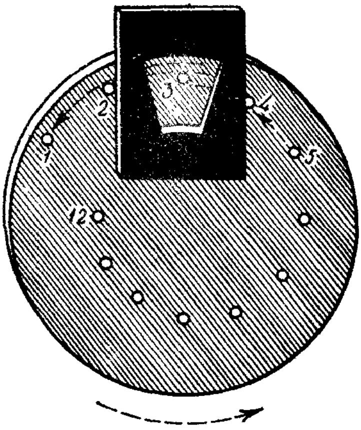
படம் 147.



படம் 148.

மாய்ச் சுழற்றுங்கள். இதற்கு முன் வட்டினால் மறைக்கப்பட்டிருந்த படத்தை மிகத் தெளிவாக இப்போது பார்க்க முடிகிறது. வட்டின் வேகம் குறைந்தவுடன், படம் சிறிது சிறிதாகத் தெளிவிழந்து, முடிவில் வட்டு நின்றுவிடும் போது மறைந்தே போய்விடுகிறது. இப்போது நீங்கள் பார்ப்பதெல்லாம் சிறிய 2 மில்லிமீட்டர் துளை ஒன்றின் வழியாகப் பார்க்க முடிந்த படத்தின் பகுதிதான்.

இந்த வட்டின் மர்மம் என்ன? வட்டை மெல்லச் சுழற்றி, சன்னலைத் தாண்டிச் செல்லும் துளைகளைக் கவனியுங்கள். மையத்திலிருந்து அதிகத் தூரத்திலுள்ள துளை சன்னலின் மேல் விளிம்பிற்கருகில் செல்லுகிறது. வட்டு வேகமாய் நகர்ந்து செல்லும் போது, படத்தின் மேல் ஓரம் நெடுகிலும் ஒரு குறுகலான பகுதியை இத்துளை நமக்குத் தெரியும்படி செய்கிறது. சற்றுக் கீழேயுள்ள அடுத்த துளை படத்தின் முதல் பகுதியை ஒட்டிய இரண்டாவது குறுகலான பகுதியை நமக்குத் தெரியச் செய்கிறது (படம் 149); மூன்றாவது துளை படத்தின் இரண்டாவது பகுதியை ஒட்டிய மூன்றாவது குறுகலான பகுதியையும், இவ்வாறே அடுத்தடுத்த துளைகளும் படத்



படம் 149.

தின் அடுத்தடுத்த குறுகலான பகுதிகளையும் நமக்குப் புலப்படச் செய்கின்றன. வட்டு போதிய அளவிற்கு வேகமாய்ச் சுழற்றப்படும் போது, முழுப் படத்தையும் நாம் பார்க்கிறோம். நமது சன்னலுக்கெதிரே வட்டிலேயே அதே அளவுள்ள மற்றொரு சாளரம் இருப்பதாகத் தோன்றுகிறது.

இவ்வட்டைச் செய்வது மிகவும் சுலபம். இதைச் சுழலச் செய்வதற்கு, இதன் அச்சின் மீது சுற்றப்பட்ட ஒரு நூலை நீங்கள் பயன்படுத்தலாம். ஆனால், ஒரு சிறிய மின்சார மோட்டாரைக் கொண்டு அதை இயங்கச் செய்வது நல்லது.

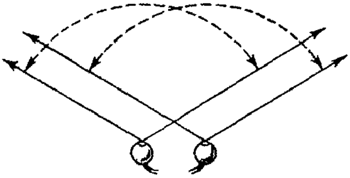
முயலின் மாறுகண் பார்வை

ஒருங்கே இரு கண்களையும் கொண்டு பொருள்களைப் பார்ப்பதற்கு ஏற்றதான கண்ணமைப்புடைய ஒரு சில உயிரினங்களில் மனிதனும் ஒருவன். நமது வலது கண்ணின் பார்வைப் புலம் இடது கண்ணின் பார்வைப் புலத்துடன் மிகச் சிறிய அளவுக்கே ஒன்றாமல் விலகுகிறது. ஆனால் பெரும்பாலான பிராணிகள் தமது இரு வேறு கண்களையும் கொண்டு இரு வேறு பக்கங்களில் பார்க்கின்றன. இதனால் இவற்றுக்கு, நமக்குப் பழக்கமான புடைப்புருக் காட்சி கிடைப்பதில்லை என்றாலும், இதற்குப் பதிலாய் நமக்குள்ளதைக் காட்டிலும் மிகவும் விரிவான கோணத்தில் அமைந்த பார்வைப் புலம் கிடைத்துவிடுகிறது.

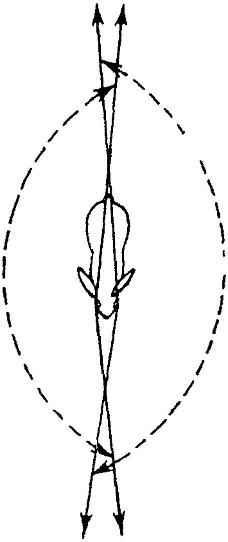
படம் 150 மனிதனுடைய பார்வைப் புலத்தைக் காட்டுகிறது. கிடைமட்டத்தில் ஒவ்வொரு கண்ணும் 120 டிகிரி அளவுள்ள கோணத்துக்கு உட்பட்டவற்றைப் பார்க்கிறது. ஆனால் இரு கண்களின் பார்வைப் புலம்களும்—கண்கள் நகராத வரை—அனேகமாய் ஒன்றிவிடுகின்றன. இந்தப் படத்தை

முயலின் பார்வைப் புலத்தைக் காண்பிக்கும் 151ஆம் படத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்ப்போம். முயல் தனது தலையைத் திருப்பாமலேயே, முன்னால் நடப்பதை மட்டுமின்றிப் பின்னால் நடப்பதையும் அதிக அளவிற்கு அகன்றுள்ள தனது கண்களினால் பார்க்கின்றது. இரு கண்களின் பார்வைப் புலங்களும் முன்னும் பின்னும் சேர்ந்து கொள்கின்றன. இதனால் தான் முயலுக்குத் தெரியாமல் பின்பக்கத்திலிருந்து அதை நெருங்குவது அவ்வளவு கடினமாயிருக்கிறது. ஆனால் முயலுக்கு மிக அருகே அதன் நேர் எதிரே இருப்பதை அதனால் தலையைப் பக்கவாட்டில் திருப்பாமல் பார்க்க முடியாது என்பதையும் இப்படத்தில் காணலாம்.

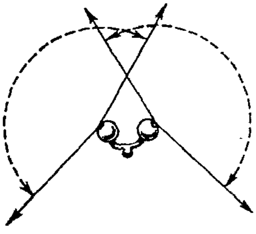
குளம்புள்ள, அசை போடும் பிராணிகளில் அனேகமாய் யாவற்றுக்குமே இந்த ''நாற்புறப் பார்வை'' இருக்கின்றது. படம் 152 குதிரையின் பார்வைப் புலங்களைக் காட்டுகிறது. அவை பின்புறம் குவியவில்லை என்றாலும் குதிரை சிறிதளவு தலையைத் திருப்பினாலே பின்புறத்தில் இருப்பவற்றை அதனால் பார்க்க முடிகிறது. பிராணி காணும் காட்சி அவ்வளவு தெளிவாயிருப்பதில்லை; ஆனால், மிகச் சிறிய இயக்க



படம் 150. மனிதனுடைய கண்களின் பார்வைப் புலம்.



படம் 151. முயலினுடைய கண்களின் பார்வைப் புலம்.



படம் 152. குதிரையினுடைய கண்களின் பார்வைப் புலம்.

மும் கூட அதன் பார்வையில் படாமல் தப்புவதில்லை. வேட்டையாடும் அதிவேக விலங்குகள் இந்த ''நாற்புறப் பார்வைக்குப்'' பதிலாக, தாவிப் பாய வேண்டிய தொலைவை நுட்பமாய் மதிப்பிடுவதற்கு அவசியமான ''இரு கண் பார்வையைப்'' பெற்றிருக்கின்றன.

விளக்கணைந்தால் வெள்ளைப் பூனை மேகவண்ணமாவதேன்?

வெளிச்சம் இல்லையேல் எதுவுமே கண்ணிற்குத் தெரியாதாகையால், இருட்டில் எல்லாப் பூனைகளும் கறுப்பாயிருக்கும் என்றே பௌதிக வியலாளர் கூறுவார். ஆனால் இங்கு நாம் கூறுவது மையிருட்டு அல்ல. மங்கிய வெளிச்சத்தில் நம்மால் நிறங்களை வேறுபடுத்திப் பார்க்க முடிவதில்லை, யாவும் எதுவுமே நமக்குச் சாம்பல் அல்லது மேக நிறமாகிவிடுகின்றன.

பாதி இருட்டில் ஒரு சிவப்புக் கொடியும் பச்சை இலையும் உண்மையில் சாம்பல் நிறமாகத்தான் தோன்றுமா? இதை நீங்கள் எளிதில் சரிபார்க்கலாம். மங்கிய (அந்தி) வெளிச்சத்தில் நிறங்களை இனம் காண முயன்றதுண்டா? சிவப்புப் போர்வையோ, நீலச் சுவர்க் காகிதமோ, ஊதா மலர்களோ அல்லது பச்சை இலைகளோ எதுவானாலும் அப்பொழுது ஏறக்குறையக் கருஞ்சாம்பல் நிறமாகத் தோன்றுவதைக் காணலாம். சேகவின் ''கடிதம்'' என்னும் கதையில், ''இழுத்துவிடப்பட்ட திரைகள் சூரிய ஒளியைத் தடுத்தன. பாதி இருட்டாயிருந்தது. பெரிய மலர்ச் செண்டில் இருந்த ரோஜாக்கள் யாவும் ஒரே நிறமாய்த் தோன்றின'' என்று படிக்கின்றோம்.

பௌதிகவியற் பரிசோதனைகள் இதை மெய்ப்பித்திருக்கின்றன. நிறப் பரப்பு ஒன்றின் மீது மங்கலான வெள்ளொளியையோ, அல்லது வெள்ளைப் பரப்பின் மீது மங்கிய வர்ண ஒளியையோ செலுத்தி, வெளிச்சத்தைப் படிப்படியாக அதிகப்படுத்தினால், முதலில் சாம்பல் நிறத்தைத் தவிர வேறு எந்த நிறத்தையும் பார்க்கமாட்டீர்கள்;வெளிச்சம் போதிய அளவிற்குச் செறிவடைந்த பிற்பாடுதான் நிறத்தைக் கவனிக்கத் தொடங்குகிறீர்கள். இதுதான் ''நிறப் புலப்பாட்டிற்கு வேண்டிய ஒளிச்செறிவு.''

நிறப் புலப்பாட்டிற்கு வேண்டிய இந்த ஒளிச் செறிவுக்

கும் குறைவான வெளிச்சத்தில் எல்லா நிறங்களும் சாம்பல் நிறமாகவே கண்ணுக்குத் தெரிகிறது.

நிறப் புலப்பாட்டிற்கு ஓர் இறுதி வரம்பும் இருக்கிறது. வெளிச்சம் மிகவும் பிரகாசமாயிருக்கும் போது, கண்ணால் நிறத்தைக் கண்டு கொள்ள முடிவதில்லை; எல்லா நிறப் பரப்புகளும் வெண்மையாகவே தோன்றுகின்றன.

குளிர்க் கதிர்களும் இருக்கின்றனவா?

வெப்பக் கதிர்களைப் போல், குளிர்க் கதிர்களும் இருப்பதாய் ஓர் எண்ணம் நிலவி வருகிறது. அடுப்பு வெப்பத்தைப் பரப்புவதைப் போல் பனிக்கட்டியும் குளிர்ச்சியைப் பரப்புவதாகவே தோன்றுகிறது. எனவே, அடுப்பு வெப்பக் கதிர்களை வீசுவதைப் போல், பனிக்கட்டியும் குளிர்க் கதிர்களை வீசுகிறது என்பதை இது குறிப்பிடுவதாகாதா?

இது முற்றிலும் தவறு. குளிர்க் கதிர்கள் என்று கிடையவே கிடையாது. பனிக்கட்டிக்கு அருகில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள்கள் குளிர்ச்சியடைவதற்குக் காரணம், ''குளிர்க் கதிர்கள்'' இருக்கின்றன என்பதன்று; வெப்பமான பொருள்கள் பனிக்கட்டியிலிருந்து தாம் பெறும் வெப்பத்தைவிட அதிக வெப்பத்தை வெளிவிடுகின்றன என்பதுதான். வெப்பமான பொருள், பனிக்கட்டி இரண்டுமே வெப்பத்தை வெளிவிடுகின்றன. பனிக்கட்டியைவிட வெப்பமான பொருள், தான் பெறும் வெப்பத்தைவிட அதிகமான வெப்பத்தை வெளிவிடுகிறது. வெளியே செல்லும் வெப்பத்தைவிட உள்ளே வரும் வெப்பத்தின் அளவு குறைவாயிருப்பதால், பொருள் குளிர்ச்சியடைகிறது.

குளிர்க் கதிர்கள் என்பவை உண்மையாகவே இருப்பதாய் நம்மை எண்ணச் செய்யும் பரிசோதனை ஒன்று இருக்கின்றது. ஒரு நீண்ட கூடத்தில் ஒன்றுக்கொன்று எதிராகப் பெரிய குழி ஆடிகள் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. ஓர் ஆடியின் குவியப் புள்ளியில் சக்தி வாய்ந்த வெப்பமுண்டாக்கும் சாதனம் ஒன்றை வைத்தால், அது வெளிவிடும் கதிர்கள் இந்த ஆடியிலிருந்து இரண்டாவது ஆடிக்குப் பிரதிபலிக்கப்படுகின்றன; இரண்டாவது ஆடி அவற்றை மறுபடியும் பிரதிபலித்து குவியச் செய்யும்; இக்குவியப் புள்ளியில் வைக்கப்பட்டிருக்கும்

கறுப்புக் காகிதத் துண்டு ஒன்று தீப்பிடித்து எரியும். வெப்பக் கதிர்கள் என்பவை இருப்பதை இது மிக்கத் தெளிவாக விளக்குகிறது. முதல் ஆடியின் குவியப் புள்ளியில் ஒரு பனிக் கட்டித் துண்டை வைத்தால், இரண்டாவது ஆடியின் குவியப் புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள வெப்பமானி வெப்பநிலை குறைவதைப் பதிவு செய்கிறது, எனவே, பனிக்கட்டி குளிர்க் கதிர்களை வெளியிடுவதாகவும், ஆடி இவற்றை வெப்பமானி யின் மீது குவியச் செய்வதாகவுமா இதற்கு அர்த்தம்?

இல்லவே இல்லை. ''குளிர்க் கதிர்கள்'' என்பதாய் எதுவும் இல்லை. கதிர் வீச்சு காரணமாக, வெப்பமானி பனிக்கட்டியிலிருந்து தான் பெறும் வெப்பத்தைவிட அதிகமான வெப்பத்தை அதற்கு அளிக்கிறது; வெப்பநிலை குறைவதற்கு இதுவே காரணம். மேலும், குளிர்க் கதிர்கள் இருப்பதாய் நம்புவதற்கு நமக்குக் காரணம் எதுவும் கிடையாது. அத்தகைய கதிர்கள் இயற்கையில் இல்லை. எல்லாக் கதிர்களும் அவற்றைக் கிரகிக்கும் பொருளுக்கு ஆற்றலை வழங்குகின்றன. கதிர்களை வெளியிடும் பொருள்கள் குளிர்ச்சியடைகின்றன.

அத்தியாயம் பத்து

ஒலி. அலை இயக்கம்

ஒலியும் வானொலி அலைகளும்

ஒலியானது ஒளியின் வேகத்தைவிடப் பத்து லட்சம் மடங்கு குறைவான வேகத்தில் செல்கின்றது. வானொலி அலைகள் பரவும் வேகமும் ஒளி அலைவுகளின் வேகமும் ஒன்றாயிருப்பதால், ஒலியானது வானொலியைவிடப் பத்து லட்சம் மடங்கு மெல்லப் பரவுகிறது. இதிலிருந்து விந்தையான ஒரு விளைவு உண்டாகிறது; அதன் சுருக்கம் பின்வரும் பிரச்சினையில் விளக்கப்படுகிறது. பியானோ வாசிப்பவர் எழுப்பும் இசைநாதத்தை முதலில் கேட்பது யார்—பியானோவிலிருந்து சுமார் பத்து மீட்டர்த் தூரத்தில் இசைக் கூடத்தில் உட்கார்ந்திருப்பவரா, அல்லது இசைக் கூடத்திலிருந்து நூறு கிலோ மீட்டர்த் தொலைவில் வானொலி மூலம் கேட்டு மகிழ்பவரா? பதினாயிரம் மடங்கு அதிகத் தொலைவில் இருந்த போதிலும் அவர்தான் இதை முதலில் கேட்பார்.

வானொலி அலைகள் 100 கிலோமீட்டர் செல்வதற்கு, $\frac{100}{3,00,000}=\frac{1}{3,000}$ வினாடி நேரமே ஆகும்; ஆனால், ஒலி 10 மீட்டர் செல்வதற்கு $\frac{10}{340}=\frac{1}{34}$ வினாடி நேரம் பிடிக்கிறது. எனவே, ஒலியைக் காற்று மூலம் அனுப்புவதைவிட ஏறத்தாழ 100 மடங்கு அதிக வேகத்தில் வானொலி அலைகளின் வாயிலாய் அனுப்ப முடிகிறது.

ஒலியும் துப்பாக்கிக் குண்டும்

ஜூல் வேர்னின் எறிகலத்தில் பயணிகள் சந்திரனுக்குக் கிளம்பிய போது, வானவெளியில் தங்களை எறிந்த மாபெரும்

பீரங்கியின் சத்தம் தம் காதில் விழவில்லையே என்று வியப்படைந்தனர். ஆனால் அவர்கள் வியப்படைய காரணமே இல்லை. சத்தம் எவ்வளவுதான் காது செவிடுபடும்படியாய் இருந்திருப்பினும் அது பரவிய வேகம் — காற்றில் பொதுவாக எந்த ஒலியையும் போலவே—வினாடிக்கு 340 மீட்டர்தான். ஆனால், எறிகலமோ வினாடிக்கு 11,000 மீட்டர் வேகத்தில் சென்றது. அவர்களுடைய எறிகலம் ஒலியை விட வேகமாகச் சென்று கொண்டிருந்ததால், பீரங்கியின் சத்தம் பயணிகளின் காதில் விழாததில் வியப்பில்லை. [நவீன விமானங்கள் ஒலியைவிட மிகவும் வேகமாய்ச் செல்கின்றன. —பதிப்பாசிரியர்.]

துப்பாக்கி அல்லது பீரங்கியின் குண்டுகள் எப்படிச் செல்கின்றன? ஒலியைவிட வேகமாய்ச் செல்கின்றனவா? அல்லது ஒலி அவற்றைத் தாண்டிச் சென்று குண்டுக்குப் பலியாகப் போகிறவரை எச்சரிக்கை செய்கிறதா? நவீனத் துப்பாக்கிகளிலிருந்து சுடப்படும் குண்டுகளின் தலை வேகம்* ஒலி காற்றில் செல்லும் வேகத்தைவிட (பூஜ்யம் சென்டிகிரேட் வெப்பநிலையில் ஒலியின் வேகம் வினாடிக்கு 332 மீட்டர் ஆகும்) சுமார் மூன்று மடங்கு அதிகமாகும்—அதாவது வினாடிக்குக் கிட்டத்தட்ட 900 மீட்டராகும். குண்டின் வேகம் வினாடிக்கு வினாடி குறைவதும், ஒலி சீராய் ஒரே வேகத்தில் செல்வதும் மெய்தான், ஆனால் செல்பாதையின் பெரும் பகுதியில் குண்டு ஒலியைவிட விரைவாகவே செல்கிறது. ஆகவே சண்டை நடைபெறுகையில் துப்பாக்கியின் வெடிச் சத்தமோ, துப்பாக்கிக் குண்டின் சீறலோ கேட்டால் நீங்கள் கவலைப்பட வேண்டியதில்லை; அந்தக் குண்டு குறி தவறி ஏற்கனவே உங்களைத் தாண்டிச் சென்றுவிட்டது. வெடிச் சத்தம் காதை அடையும் முன்பே குண்டு ஆளைத் தீர்த்துவிடும்.

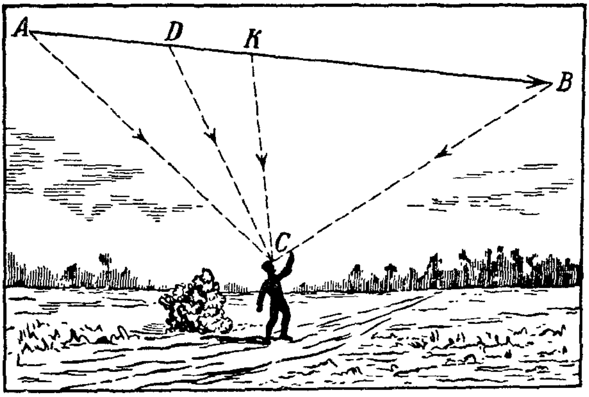
போலி வெடிப்பு

பறக்கும் பொருளுக்கும் அது எழுப்பும் ஒலிக்குமிடையிலான வேகப் போட்டி காரணமாக, நம்மையறியாமலேயே

---

* குண்டு துப்பாக்கியின் வெளிவாயிலிருந்து கிளம்பும்போது அதற்கிருக்கும் வேகம். — மொழிபெயர்ப்பாளர்.

நாம் சில தவமுன முடிவுகளுக்கு வர நேர்வதுண்டு. மேலே உயரத்தில் சீறிச் சென்று கொண்டிருக்கும் ஓர் பெரிய எரி நட்சத்திரம், அல்லது பீரங்கிக் குண்டு இதை நன்கு விளக்கும் ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும். புறவெளியிலிருந்து நமது புவி வளிமண்டலத்திற்குள் நுழையும் எரிநட்சத்திரங்களின் வேகம் வளிமண்டலத் தடையினுல் குறைக்கப்பட்டாலும் கூட, அது ஒலியின் வேகத்தைவிடப் பன்மடங்கு அதிகமாகும்.



படம் 153. எரிநட்சத்திரத்தின் போலி வெடிப்பு.

எரிநட்சத்திரங்கள் காற்றைக் கிழித்துக் கொண்டு செல் லுகையில் இடி முழக்கம் போன்ற ஓசையை உண்டாக்கு கின்றன. C என்னுமிடத்தில் (படம் 153) நாம் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்ளலாம். மேலே உயரத்தில் எரிநட்சத்திரம் ஒன்று AB என்னும் செல்பாதையில் சீறிச் செல்கிறது. A என்னுமிடத்தில் அது உண்டாக்கும் ஒலி, எரிநட்சத்திரம் B என்னுமிடத்தை அடையும் போதுதான் Cஇல் நமது காதில் கேட்கிறது. எரிநட்சத்திரம் ஒலியைக் காட்டிலும் மிக வேக மாய்ச் செல்வதால், A என்னுமிடத்தில் அது உண்டாக்கும் ஒலியை நாம் கேட்பதற்கு முன்னதாகவே நம் காதை வந்தடையக் கூடிய ஒலியை D என்னும் இடத்தில் அது உண்டாக்க முடியும். எனவே, D என்னுமிடத்தில் உண்டாகும் ஒலியை முதலிலும், பிறகே A என்னுமிடத்தில் உண்டான

ஒலியையும் நாம் கேட்கிறோம். B என்னுமிடத்தில் உண்டாகும் ஒலி D என்னுமிடத்தில் உண்டான ஒலியையும்விடத் தாமதமாக நம்மிடம் வருவதால், எரிநட்சத்திரத்தின் ஒலியைக் குறைந்தபட்ச நேரத்தில் நாம் கேட்கக் கூடிய K என்னும் ஓர் இடம் மேலே எங்கேயோ இருக்க வேண்டும். கணிதத்தில் ஆர்வமுள்ள எவரும், எரிநட்சத்திரம், ஒலி இவற்றின் வேகங்களுக்கிடையேயுள்ள விகிதம் தெரியுமாயின் K என்னும் இடம் திட்டமாக எங்கே இருக்கிறது என்பதைக் கணக்கிட்டுவிட முடியும்.

இதன் விளைவாக, நாம் கேட்பதற்கும் நாம் பார்ப்பதற்கும் ஒற்றுமை இருக்கவில்லை. எரிநட்சத்திரம், A என்னும் இடத்தில் முதலில் தென்பட்டு, அங்கிருந்து AB செல்பாதையில் வேகமாய்ச் செல்வதாகக் கண்ணுக்குத் தெரியும். ஆனால், காதிற்கோ, நமக்கு மேலே உயரத்தில் எங்கேயோ K என்னுமிடத்தில் எரிநட்சத்திரம் இருப்பதாக முதலில் தோன்றும். பிறகு, ஒரே சமயத்தில், இரண்டு ஒலிகள் எதிர் எதிரான திசைகளில் Kஇலிருந்து Aக்கும், Kஇலிருந்து Bக்குமாகச் —சென்று, படிப்படியாக அவற்றின் ஓசை குறைவதாகத் தோன்றும். அதாவது, எரிநட்சத்திரம் இரு பகுதிகளாக வெடித்து, ஒவ்வொரு பகுதியும் எதிர் எதிரான திசைகளில் செல்வதாக நமக்குத் தோன்றும்.

உண்மையில், வெடிப்பு எதுவும் இல்லை—செவியால் ஏற்படும் மனப் பதிவுகள் சில சமயம் நம்மை ஏமாறச் செய்துவிடலாம் என்பதற்கு இது ஓர் எடுத்துக்காட்டு. எரிநட்சத்திரம் விண்ணில் வெடித்துச் சிதறுவதை நேரில் கண்டோமென்போரின் கூற்றுகள் பலவும் இந்த ஒலியியல் மாயத் தோற்றத்தின் விளைவுகள்தானோ, என்னவோ.

ஒலியின் வேகம் குறைவாயிருந்தால்....

ஒலி, விநாடிக்கு 340 மீட்டர் செல்லாமல் மிகவும் குறைவான வேகத்தில் சென்றால், ஒலியியல் மாயத் தோற்றங்கள் இன்னும் அடிக்கடி ஏற்படும்.

விநாடிக்கு 340மீட்டர் வேகத்திற்குப் பதிலாக, விநாடிக்கு 340 மில்லிமீட்டர் வேகத்தில் ஒலி பரவுவதாக வைத்துக் கொள்ளுங்கள். நடந்து செல்வதைவிடக் குறைவான வேக

மாக இருக்கும் அது. நீங்கள் ஒரு நாற்காலியில் உட்கார்ந்திருப்பதாகவும், அறையில் நடந்து கொண்டே உங்கள் நண்பர் ஒருவர் சொல்லும் கதையை நீங்கள் கேட்டுக் கொண்டிருப்பதாகவும் வைத்துக் கொள்ளுங்கள். பேசும் போது அவர் நடப்பதால் சாதாரண நிலையில் குளறுபடி ஏற்படாது. ஆனால் ஒலியின் வேகம் மிகவும் குறைவானதாயிருந்தால் நண்பர் கூறும் கதை உங்களுக்குப் புரியவே புரியாது. அவர் முதலில் கூறியது உங்கள் செவியில் விழுவதற்கு முன்னால், அடுத்து அவர் கூறுவது விழுந்து எல்லாம் ஒரே குளறுபடி ஆகிவிடும்.

நிற்க, உங்கள் நண்பர் அருகில் நெருங்கி வரும் போது, அவரது பேச்சின் ஒலிகள் எதிர் வரிசையில் உங்கள் காதிற்கு வரும். கடைசியாகச் சொன்ன வார்த்தைகள் முதலில் கேட்கும்; பிறகு, அதற்குச் சற்றுமுன் கூறிய வார்த்தைகளும், அதன் பின்னர், அதற்கும் முன்பு கூறிய வார்த்தைகளுமாகக் கேட்கும். பேசுபவர், தாம் பேசிய வார்த்தைகளை விட வேகமாய் நகர்கிறார்; பேசிக் கொண்டே நடக்கும் அவர் சற்றுமுன் பேசிய பேச்சுக்களுக்கு முன்புறத்திலேயே எப்போதும் இருக்கின்றார்; இதனால்தான், அவ்வாறு நிகழ்கிறது.

மிகவும் மெதுவான உரையாடல்

காற்றிலே வினாடிக்கு கிலோமீட்டரில் மூன்றில் ஒரு பகுதியான ஒலியின் வேகமானது ஒரு பெரிய வேகமாய் எண்ணுவீர்களாயினும், அவ்வெண்ணத்தை இப்பொழுது நீங்கள் மாற்றிக் கொண்டாக வேண்டும். மாஸ்கோவும் லெனின்கிராதும், மின்சாரத் தொலைபேசிகளுக்குப் பதிலாக, கப்பலில் காப்டன் இஞ்சின் அறையிலுள்ளோருக்கு உத்தரவிடுவதற்குப் பயன்படுத்தும் சாதாரணப் பேசும் குழாய் ஒன்றினால் இணைக்கப்பட்டிருப்பதாக வைத்துக் கொள்ளுங்கள். 650 கிலோமீட்டர் நீளமுள்ள இக்குழாயின் லெனின்கிராது முனையில் நீங்களும், மாஸ்கோ முனையில் உங்கள் நண்பரும் இருக்கிறீர்கள். உங்கள் நண்பருக்கு ஒரு கேள்வி அனுப்பிவிட்டு, மறுமொழிக்காகக் காத்திருக்கிறீர்கள். ஐந்து நிமிஷங்கள் கடக்கின்றன; பிறகு பத்து பதினைந்து நிமிஷங்களும் ஆகின்றன. ஆனால் இன்னமும் பதில் இல்லை. நீங்கள் கவலைப்படுகிறீர்கள்; ஏதோ நடந்து

விட்டது என்று எண்ணுகிறீர்கள். ஆனால், உங்கள் பயத்திற்குக் காரணம் இல்லை. உங்கள் கேள்வி இன்னமும் மாஸ்கோவை அடையவில்லை. அது பாதி வழியில்தான் இருக்கிறது. உங்கள் நண்பர் அதைச் செவியுறுவதற்கே நீங்கள் இன்னும் கால்மணி நேரம் காத்திருக்க வேண்டும். ஆனால், உங்கள் நண்பரின் மறுமொழி மாஸ்கோவிலிருந்து வருவதற்கும் அதே அரை மணி நேரம் ஆகுமாதலால், உங்கள் கேள்விக்கான பதிலை ஒரு மணி நேரத்திற்குப் பிறகுதான் கேட்பீர்கள்.

இதைச் சோதித்துப் பார்ப்பது எளிதே. லெனின்கிராதிலிருந்து மாஸ்கோவிற்கு 650 கிலோமீட்டர். ஒலி விநாடிக்கு 1/3 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் செல்கிறது. எனவே இத் தொலைவு முழுவதையும் கடப்பதற்கு அது சுமார் 2,160 விநாடிகள் அல்லது ஏறக்குறைய 35 நிமிடங்கள் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். இம்முறையில் காலையிலிருந்து இரவு வரை பேசினால், பன்னிரண்டு வாக்கியங்கள்கூட நீங்கள் இருவரும் பேசிக் கொள்ள முடியாது. [தூரம் செல்லச் செல்ல ஒலி மங்கிவிடுகிறது என்பதை நூலாசிரியர் வேண்டுமென்றே புறக்கணித்திருப்பது தெளிவு. குழாயின் மறுமுனையிலுள்ளவரால் நீங்கள் பேசுவதைக் கேட்க முடியாதாகையால், இம் முறையில் நீங்கள் உரையாடல் நிகழ்த்தவே முடியாது.—பதிப்பாசிரியர்.]

மிக்க விரைவான முறை

ஆயினும், இவ்வாறு செய்தியை அஞ்சல் செய்யும் முறைகூட மிக்க விரைவான முறையாகக் கருதப்பட்ட காலமும் ஒன்று இருந்தது. நூறு ஆண்டுகளுக்கு முன்பு மின்சாரத் தந்தியையோ, தொலைபேசியையோ பற்றி எவரும் கனவு கூடக் கண்டிருக்க முடியாது. எனவே அக்காலத்தில் சில மணி நேரத்திற்குள்ளாக 650 கிலோமீட்டர் தூரத்திற்கு ஒருவர் செய்தியை அனுப்ப முடியும் என்றால் அது ஒரு பெரிய சாதனையாகவே கருதப்பட்டிருக்கும்.

ருஷ்ய ஜார் முதலாவது பாவெல் என்பவரின் முடி சூட்டு விழாவின் போது, மாஸ்கோவில் நடைபெற்ற இந்தக் கொண்டாட்டத்தைப் பற்றிய செய்தி செயின்ட் பீட்டர்ஸ்பர்கிற்குப் பின்வரும் முறையில் அஞ்சல் செய்யப்பட்டதாகக்

கூறப்படுகிறது. இரு நகர்களுக்குமிடையே சாலை நெடுகிலும் 200 மீட்டருக்கு ஒருவர் வீதம் போர்வீரர்கள் நிறுத்தி வைக்கப்பட்டனர். மாதா கோயிலின் மணி அடித்தவுடன், அங்கிருந்து அடுத்து அருகாமையிலிருந்த போர்வீரன் தனது துப்பாக்கியால் காற்றில் சுட்டான். துப்பாக்கிச் சத்தத்தை இரண்டாவது போர்வீரன் கேட்டவுடன் அவனும் துப்பாக்கியால் சுட்டான். மூன்றுமவனும் அவ்வாறே செய்தான். இம்முறையில் 650 கிலோமீட்டருக்கு அப்பாலுள்ள செயின்ட் பீட்டர்ஸ்பர்கிற்கு இச்செய்தியை அஞ்சல் செய்ய மூன்று மணி நேரமே பிடித்தது.

மாஸ்கோ மணியோசையையே செயின்ட் பீட்டர்ஸ்பர்கில் ஒருவர் நேராகக் கேட்டிருக்கக் கூடுமாஞல், இவ்வொலி ஏற்கனவே நாம் கண்டது போல் அரைமணி நேரத்தில் வடதிசை நகரை அடைந்திருக்கும். எனவே, செய்தியை அனுப்புவதற்கான மூன்று மணி நேரத்தில் இரண்டரை மணி நேரம், போர்வீரர்கள் தங்களுக்கு முன்பு இருப்பவர்களின் துப்பாக்கி ஓசையைக் கேட்டுத் தங்கள் துப்பாக்கிகளைச் சுடுவதற்கான இயக்கங்களுக்காக ஆகியிருக்கிறது. ஒவ்வொருவனும் செய்யும் தாமதம் எவ்வளவுதான் குறைவாக இருந்தாலும் ஆயிரக் கணக்கான இச்சிறு தாமதங்கள் அனைத்தும் சேர்ந்து இரண்டரை மணி நேரமாகிவிட்டது.

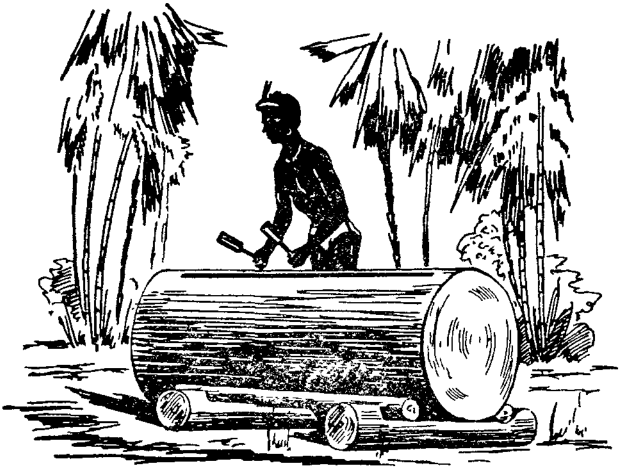
பழைய ஒளியியல் தந்தி இம்மாதிரியான கோட்பாட்டைத்தான் அடிப்படையாய்க் கொண்டிருந்தது. அது ஒளிச் சைகைகளை அருகிலுள்ள நிலையத்துக்கு அஞ்சல் செய்தது. பின்னது அவற்றை மேலே அனுப்பியது.

தமுக்குத் தந்தி

ஒலிச் சைகைகளிஞல் செய்தியை அஞ்சல் செய்யும் முறை இன்றுகூட ஆப்பிரிக்கா, மத்திய அமெரிக்கா, பாலினீசியா முதலிய பிரதேசங்களின் பழங்குடி மக்களிடையே வழக்கில் இருந்து வருகிறது. ஒலியை நெடுந்தூரம் அனுப்பவல்ல தனி வகைத் தமுக்குகள் இதற்காகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஒலிச் சைகை அஞ்சல் முறையில் ஓரிடத்திலிருந்து இன்னென்றுக்கும் அங்கிருந்து மூன்ருவது இடத்துக்குமாய் தொடர்ந்து அனுப்பப்படுகிறது. மிகவும் விரைவாகவே ஒரு

பெரும் பரப்பிலுள்ள மக்கள் அனைவரும் செய்தியை அறிந்து கொண்டுவிடுகின்றனர் (படம் 154).

இத்தாலி அபிசீனியாவுடன் போரிட்ட போது, இத்தாலியப் படைகளின் இயக்கங்களை அபிசீனியர்கள் மிக விரைவாய் அறிந்து கொண்டனர். எதிரிகளின் தமுக்குச் செய்திப் போக்குவரத்து பற்றி ஏதும் அறியாத இத்தாலியர்களுக்கு இது ஒரு புதிராகவே இருந்தது. இத்தாலி அபிசீனியாவுடன் மறுமுறை போருக்குச் சென்ற போது, எல்லோரும் ராணுவத்தில் சேர வேண்டும் என்று அடிஸ் அபாபாவில் வெளியிடப்பட்ட பொது உத்தரவு இதே முறையில் பிரகடனம் செய்யப்பட்டு, சில மணி நேரத்திற்குள்ளாகவே மிகத் தொலை



படம் 154. பிஜி தீவுப் பழங்குடியினர் தமுக்கின் உடவியுடன் செய்தி அனுப்புகின்றார்.

விலுள்ள கிராமங்களுக்கும் அஞ்சல் செய்யப்பட்டுவிட்டது.

ஆங்கிலேயர்களுக்கும் போயர்களுக்குமிடையே நடைபெற்ற போரிலும் தமுக்குகள் உபயோகிக்கப்பட்டன. காபிர்கள் ராணுவச் செய்தியை இவ்வழியில் மிக விரைவாக அஞ்சல் செய்தனர். தூதுவன் மூலம் அதிகார பூர்வமான அறிக்கைகள் வருவதற்குப் பல நாட்களுக்கு முன்னதாகவே கேப் நாட்டைச் சேர்ந்தவர்கள் எல்லாவற்றையும் தெரிந்து

கொண்டுவிட்டனர். தற்போதுள்ள மின்சாரத் தந்தி வருவதற்கு முன்பு ஐரோப்பாவில் உபயோகிக்கப்பட்ட ஒளித் தந்தியைவிட மிகச் சிறந்தது என்று சொல்லக் கூடிய அளவிற்கு மிகவும் சீரியதோர் ஒலிச் சைகை முறை, ஆப்பிரிக்கப் பழங்குடிகள் சிலவற்றிடம் இருந்ததாகச் சில ஆராய்வாளர்கள் கூறுகின்றனர்.

தமுக்கு அஞ்சல் முறையைப் பற்றிப் பின்வருமாறு ஒரு பத்திரிகையில் நான் படித்திருக்கிறேன். பிரிட்டிஷ் பொருட்காட்சி சாலையின் தொல் பொருளியலாளரான ஆர். ஹாஸ்ஸெல்டென் என்பவர் நைஜீரியாவின் நடுப்பகுதியிலுள்ள இபாடா என்னும் நகரத்திற்குச் சென்றிருந்தார். தமுக்குகளின் மிதமான சீரொலி இரவும் பகலும் கேட்டுக் கொண்டிருந்தது. ஒரு நாள் காலையில் நீக்ரோக்கள் தங்களுக்குள் தீவிரமாகப் பேசிக் கொண்டிருந்ததை அவர் கேட்டார். அதைப் பற்றி அவர் விசாரித்த போது, ''வெள்ளையர்களின் பெருங் கப்பல் ஒன்று மூழ்கி, பல வெள்ளையர்கள் இறந்துவிட்டார்கள்'' என்று ஸார்ஜண்டு கூறினர். ஹாஸ்ஸெல்டென் அப்போது அவ்வதந்தியைப் பொருட்படுத்தவில்லை. ஆயினும், மூன்று தினங்களுக்குப் பிறகு ''லூசிட்டேனியா'' என்னும் கப்பலின் விபத்தைப் பற்றிய தந்தி (போக்குவரத்துத் துண்டிப்புக் காரணமாகத் தாமதித்து) அவருக்குக் கிடைத்தது. அப்போதுதான், பொய்யெனத் தாம் எண்ணிய நீக்ரோக்களின் செய்தி சரியானதே என்பதையும், தமுக்கு மொழியின் வாயிலாக அது கெய்ரோவிலிருந்து இபாடாவுக்கு ''அடிக்கப்பட்டு'' வந்திருக்கிறது என்பதையும் அவர் உணர்ந்தார். இன்னும் இதில் ஆச்சரியம் என்ன என்றால், செய்தியை அஞ்சல் செய்த பழங்குடி மக்கள் முற்றிலும் வெவ்வேறன மொழிகளைப் பேசுபவர்கள்; சில குடிகள் ஒன்றோடொன்று போரிட்டுக் கொண்டிருந்தன.

ஒலியியல் மேகங்களும் வளி எதிரொலியும்

ஒலி, திடப் பொருள்களின் மீது மட்டுமன்றி மேகங்களின் மீதும் அடிபட்டுப் பிரதிபலிக்கிறது. முற்றிலும் ஒளி புகுவதாயுள்ள காற்றுகூடச் சில நிலைகளில், ஒலியைக் கடத்தும் திறனில் எஞ்சிய காற்றுத் தொகுதியிலிருந்து வேறுபட்டிருக்

கும் போது, ஒலி அலைகளைப் பிரதிபலிக்கச் செய்கின்றது. இது ஒளியியலில் ''முழுப் பிரதிபலிப்பு'' எனப்படுவதைப் போன்ற ஒன்றாகும். கண்ணிற்குத் தெரியாத ஓர் ஒலித் தடையினால் திருப்பப்பட்டு, எங்கிருந்து வருகிறது என்று தெரியாத வகையில், புதிரான ஓர் எதிரொலியை நாம் கேட்கிறோம்.

ஒலிச் சைகைகளைக் கொண்டு கடற்கரையில் பரிசோதனை செய்து கொண்டிருந்த போது இவ்விசித்திரமான நிகழ்வை டிண்டல் தற்செயலாகக் கண்டுபிடித்தார்.

''...ஒளிபுகும் வளிமண்டலத்தில் நிறைந்திருந்த, கண்ணுக்குத் தெரியாத ஒலியியல் மேகங்களிலிருந்து எதிரொலிகள், மாயமாய் வருபவை போல், எங்களை வந்தடைந்தன'' என்று அவர் எழுதியுள்ளார்.

ஒலியைப் பிரதிபலித்து ''வளி எதிரொலியை'' உண்டாக்கும், ஒளிபுகும் காற்றுப் பகுதிகளை அப்பிரபல பிரிட்டிஷ் பௌதிகவியலாளர் ஒலியியல் மேகங்கள் என்று குறிப்பிட்டார். அதைப் பற்றி அவர் இவ்வாறு கூறுகிறார்:

''உண்மையில், ஒலியியல் மேகங்கள் காற்றில் எப்போதுமே மிதந்து கொண்டிருக்கின்றன அல்லது பறந்து கொண்டிருக்கின்றன. அவற்றுக்கும் சாதாரண மேகங்கள், மூடுபனி, அல்லது புகைப்பனி எதற்குமே எந்த விதமான தொடர்பும் கிடையாது. முழு அளவுக்கு ஒளிபுகும் வளிமண்டலத்தில் கூட அவை நிறைந்திருக்கலாம்; இவை காரணமாக, ஒளியியல் நோக்கில் மிகவும் நிர்மலாகத் தோன்றும் நாட்கள் ஒலியியல் நோக்கில் ஒலியைச் சிறிதும் செல்லவிடாத நாட்களாக இருக்கும்....

''இந்த வளி எதிரொலிகள் இருப்பது கவனிப்பினாலும் பரிசோதனையினாலும் ருசுப்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இவை, வெவ்வேறான அளவிற்கு வெப்பமடைந்த காற்றோட்டங்களினாலோ, அல்லது வெவ்வேறு அளவில் ஆவி நிறைந்துள்ள காற்றோட்டங்களினாலோ உண்டாகலாம்.''

ஓசையற்ற ஒலிகள்

சில் வண்டின் முரலல் அல்லது வௌவாலின் கீச்சு போன்ற மிகவும் உயர்ந்த சுருதியுள்ள ஒலிகளைச் சிலரால் கேட்க

முடிவதில்லை. குறைபாடுகள் இல்லாத செவியுறுப்புகள் உள்ளவர்களாய் இருந்தாலும்கூட அவர்களால் உயர்ந்த சுருதி யுள்ள ஒலிகளைக் கேட்க முடிவதில்லை. சிட்டுக் குருவியின் கீச்சைக்கூடக் கேட்க முடியாதோரும் இருந்திருக்கின்றனர் என்று டிண்டல் கூறுகிறார்.

பொதுவாகச் சொன்னால், அருகில் நிகழும் ஒவ்வொரு அதிர்வையும் நமது செவி கேட்பதில்லை. அதிர்வுகள் விநாடிக்கு 16க்குக் குறைவாகவோ, அல்லது 15,000-22,000த்துக்குக் கூடுதலாகவோ இருந்தால், நாம் அந்த ஒலியைக் கேட்க முடிவதில்லை. செவிப் புலப்பாட்டின் மேல் வரம்பு வெவ் வேறு ஆட்களுக்கு வெவ்வேறாய் இருக்கிறது. முதியவர்க ளுக்கு இந்த மேல் வரம்பு வெகுவாய்க் குறைந்து விநாடிக்கு 6,000 அதிர்வுகளாகிவிடுவது உண்டு. உயர்ந்த சுருதியுள்ள ஒலியை ஒருவர் கேட்க முடிவதற்கும் மற்றொருவர் கேட்க முடியாமலிருப்பதற்கும் இதுதான் காரணம்.

கொசு, சில்வண்டு போன்ற பல பூச்சிகள் விநாடிக்கு 20,000 அதிர்வுகள் உள்ள சுருதியுடைய ஒலிகளை உண்டாக்குகின்றன; இவை சிலருக்குக் கேட்கின்றன; வேறு சிலருக்குக் கேட்ப தில்லை. உயர்ந்த சுருதியுள்ள ஒலிகளைக் கேட்க முடியாத வர்கள் மகிழ்ச்சியடையும் சத்தமில்லாத அமைதி நிலைமை, அவற்றைக் கேட்க முடிந்தவர்களுக்குக் காதைத் துளைக்கும் கீச்சு ஒலிகள் நிறைந்ததாக இருக்கிறது. ஒரு சமயம் ஸ்விட் ஸர்லாந்தில் தாமும் தமது நண்பரும் உலாவச் சென்ற போது நிகழ்ந்ததைப் பற்றி டிண்டல் பின்வருமாறு எழுதியுள்ளார்:

''ஒரு நண்பருடன் ஆல்ப்ஸ் மலைப் பகுதியைக் கடக்கும் போது, செவிப் புலப்பாட்டு வரம்பு சிலருக்குக் குறைவாயி ருப்பதை நான் கவனித்ததைப் பற்றி **ஆல்ப்ஸ் மலையின் பனிக் கட்டியாறுகள்** என்றும் நூலில் குறிப்பிட்டிருக்கிறேன். பாதை யின் இரு புறங்களிலும் இருந்த புல்லில் பூச்சிகள் நிறைந் திருந்தன. என்னைப் பொறுத்தவரை, அவற்றின் கீச்சொலி காதைத் துளைப்பதாக இருந்தது. ஆனால், என் நண்பருக்கு எதுவும் காதில் விழவில்லை. அப்பூச்சிகளின் இசையொலி அவ ரது செவிப் புலப்பாட்டின் வரம்புக்கு அப்பால் இருந்தது.''

வெளவாலின் கீச்சொலியானது பூச்சிகளின் முரலலுக்கு ஒரு முழு ஸ்தாயி கீழேயுள்ளது; ஏனெனில், வெளவாலின் கீச்சொலிக்குள்ள அதிர்வெண் பூச்சிகளின் முரலலுக்குள்ள

அதிர்வெண்ணில் பாதியளவே ஆகும். ஆனால், செவிப் புலப் பாட்டு வரம்பு மேலும் கீழே உள்ளவர்களும் இருக்கின்றனர்; அவர்கள் வௌவாலைச் சத்தம் செய்யாத பிராணியாகவே நினைப்பார்கள். மாறாக, பிரபல சோவியத் உடலியலாளர் பேரவை விஞ்ஞானி பாவ்லவ் பரிசோதனையின் வாயிலாகக் காட்டியபடி, நாய்களால் விநாடிக்கு 38,000 அதிர்வுகள் கொண்ட ஒலிகளைக்கூடக் கேட்க முடிகிறது. இவ்வொலிகள் 'மீஒலியியல்'* பகுதியைச் சேர்ந்தவை.

தொழில்நுட்பத் துறையில் மீஒலிகள்

நாம் சற்றுமுன் கூறிய ஒலிகளைவிட அதிக அதிர்வெண் உள்ள ''ஓசையற்ற ஒலிகளை'' நவீனப் பௌதிகவியலாளர்களும் பொறியியலாளர்களும் உண்டாக்குகின்றனர். ''மீஒலிகள்'' விநாடிக்கு 1,000,00,00,000 (அதாவது, ஆயிரம் கோடி) அதிர்வுகள் வரை உள்ளனவாயிருக்கலாம்.

மீஒலி அதிர்வுகளை உண்டாக்குவதற்கான ஒரு வழி, குவர்ட்ஸ் படிகங்களிலிருந்து குறிப்பிட்ட ஒரு முறையில் வெட்டியெடுக்கப்பட்ட தகடுகள் அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப் படும்போது அவற்றுக்கிருக்கும் மின்சாரத்தை உண்டாக்கும் பண்பை அடிப்படையாகக் கொண்டதாகும். (இது அழுத்த மின்சாரம் எனப்படுகிறது.) இப்படிகம், இடைவிட்டுச் செயல் படும் மின்சுமைகளுக்கு உட்படுத்தப்படும் போது அவற்றின் விளைவினால் சுருங்கி விரியும்; அதாவது அதிர்வுற்று மீஒலிகளை உண்டாக்கும். படிகத்தின் அதிர்வுகளின் சுய அதிர்வு நேரம் என்பதற்கு இசைந்ததாக இருக்கும்படி தேர்ந்தெடுக்கப் பெற்ற ஓர் அதிர்வு எண் கிடைக்கும்படி வானொலிக் குழல் மின்னூக்கியினால் படிகம் மின்னேற்றத்திற்கு உள்ளாக்கப்படுகிறது. [குவர்ட்ஸ் படிகங்கள் விலை உயர்ந்தவை; மேலும் அவை பலவீனமான மீஒலிகளையே உண்டாக்குகின்றன. எனவே அவை பெரும்பாலும் சோதனைக் கூடங்களில் மட்டுமே

---

* ஒலியலைகளைப் போன்ற, ஆனால் நமது செவிக்குக் கேட்காத, அதி அதிர்வு அலைகள் கொண்டது மீஒலி (மிகையொலி என்றும் சொல்லப்படுகிறது). அதை ஆராயும் துறை ''மீஒலியியல்'' எனப்படுகிறது.—மொழிபெயர்ப்பாளர்.

பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தொழில்துறை உபயோகங்களுக்காக, பேரியம் டைட்டனேட் பீங்கான்கள் போன்ற செயற்கைச் சேர்க்கைப் பொருள்களைப் பொறியியலாளர்கள் கண்டுபிடித்துள்ளனர்.—**பதிப்பாசிரியர்.]**

மீஒலி நமது செவிக்குக் கேட்காவிடினும், அது இருப்பது மிகத் தெளிவான வேறு வழிகளில் நமக்குத் தெரிகிறது. அதிரும் தகடு ஒன்றை எண்ணெயினுள் முக்கினால், மீஒலி காரணமாக எண்ணெய்ப் பரப்பின்மீது 10 சென்டிமீட்டர்க் ''குமிழ்'' எழும்புகிறது; எண்ணெய்த் திவலைகள் 40 சென்டிமீட்டர் உயரத்திற்குப் பீச்சியடிக்கப்படுகின்றன. இந்த எண்ணெய்த் தொட்டியில் ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ள கண்ணாடிக் கழியை அமிழ்த்தினால், கழியைப் பிடித்திருக்கும் கையானது கடுமையாகச் சுடப்பட்டுவிடும். மீஒலிகளின் ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாறுவதால், அதிரும் கழியின் நுனியானது மரத்துண்டைக் கருக்கித் துளைத்துவிடும்படி சூடாகிவிடுகிறது.

சோவியத் யூனியனிலும் பிற நாடுகளிலுமுள்ள விஞ்ஞானிகள் மீஒலியைப் பற்றித் தீவிரமாக ஆராய்ந்து வருகின்றனர். உயிரமைப்புகளை மீஒலி வெகுவாய்ப் பாதிக்கிறது. கடற்பாசிகளின் இழைகளை அது அறுந்து போகச் செய்கிறது; பிராணிகளின் உயிரணுக்களை வெடிக்கச் செய்கிறது; ரத்த உயிரணுக்களைச் சிதைக்கிறது. ஓரிரு நிமிடங்கள் மீஒலியைச் செலுத்தினாலே சிறு மீன்களும் தவளைகளும் இறந்துவிடுகின்றன; பிராணிகளின் உடல் வெப்பநிலை (எடுத்துக்காட்டாக, சுண்டெலியின் உடல் வெப்பநிலை) 45 சென்டிகிரேட் டிகிரி வரை உயர்ந்துவிடுகிறது. காதுக்குக் கேட்காத மீஒலி, கண்ணுக்குத் தெரியாத புற ஊதாக் கதிர்களைப் போலவே, நோயாளிகளுக்குச் சிகிச்சையளிப்பதற்காக மருத்துவர்களால் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

உலோகத் தொழிலில் மாசுக்கள், உள்துளைகள், உட்குழிவுகள் மற்றும் உள்ளேயிருக்கும் பிற குறைபாடுகள் ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடிப் பதற்கும்மீஒலி விரிவாகப் பயன்படுகிறது. சோதிக்கப்படும் உலோகம் எண்ணெயிடப்பட்டு, மீஒலி அதிர்வுகளுக்கு உட்படுத்தப்பட்டு அதனுள்ளிருக்கும் குறைபாடுகள் கண்டுபிடிக்கப்படுகின்றன. குறைபாடு இருக்கும் பகுதியானது ஒலியைச் சிதறச் செய்வதால், ஒலி நிழல் என்று நாம் குறிப்பிடக் கூடிய ஒன்று உண்டாகிறது. இது

புகைப்படம் எடுக்கக் கூடிய அளவிற்கு, சீரான எண்ணெய்ச் சிற்றலைகளின் பின்னணியில் மிக்கத் தெளிவாகத் தெரிகிறது. [மீஒலியினால் குறைபாடுகளைக் கண்டுபிடிக்கும் முறை 1928 இலேயே சோவியத் விஞ்ஞானி ஸ. யா. சொக்கலோவ் என்பவரால் எடுத்துச் சொல்லப்பட்டது. இக்காலத்தில் பயன்படுத்தப்பட்டு வரும் மீஒலி அதிர்வு வாங்கிகளில் எண்ணெய் உபயோகிக்கப்படவில்லை; அவற்றின் செய்முறையும் எளிதாகிவிட்டது.—பதிப்பாசிரியர்.]

எக்ஸ் கதிர்கள் கூட நுழைய முடியாத, ஒரு மீட்டர் தடிமனுள்ள உலோகப் பாளம் ஒன்றில் இருக்கும் குறைபாடுகளைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு மீஒலியைப் பயன்படுத்த முடியும். மேலும், ஒரு மில்லிமீட்டரே குறுக்களவுள்ள மிகச் சிறிய பகுதியில் இருக்கக் கூடிய குறைபாடுகளையும் அது கண்டுபிடித்துவிடுகிறது. மீஒலியைப் பயன்படுத்திக் கொள்வதற்கான வாய்ப்புகள் வருங்காலத்தில் மிகவும் சிறப்பாக இருக்கும் என்பதில் சந்தேகம் இல்லை. [மீஒலிகள் இயற்கையிலும் கூட — காற்றின் சத்தத்திலும் பாறைகளின் மீது அல்லது கரையின் மீது மோதிச் சிதறும் அலைகளிலும்கூட—இருக்கின்றன. வண்ணத்திப் பூச்சிகள், சில்வண்டுகள் மற்றும் பல பிராணிகளால் மீஒலிகளை வெளிப்படுத்தவும் வாங்கிக் கொள்ளவும் முடிகிறது. வௌவால்கள் தடைகளைத் தெரிந்து கொண்டு விலகிப் பறப்பதற்கு மீஒலிகளைப் பயன்படுத்திக் கொள்கின்றன.—பதிப்பாசிரியர்.]

கட்டைக் குரல் பேச்சும் கீச்சுக் குரல் பேச்சும்

''புதிய கலிவர்'' என்னும் சோவியத் திரைப்படத்தில் லில்லிப்புட்வாசிகள் தங்களுடைய சிறிய தொண்டைக்குப் பொருத்தமான கீச்சுக் குரலில் பேசுகின்றனர்; கலிவராக நடிக்கும் பெத்யா கட்டைக் குரலில் பேசுகிறான். ஆயினும், படப்பிடிப்பின் போது, வயதான நடிகர்கள் லில்லிப்புட்வாசிகளுக்காகவும், சிறு பையன் ஒருவன் பெத்யாவுக்காகவும் பேசினர். அவ்வாறாயின், சுருதி எப்படி மாற்றப்பட்டது? நடிகர்கள் தங்கள் குரல்களை மாற்றிக் கொள்ள முயலவில்லை என்று படத்தின் இயக்குனரான பித்துஷ்கோ என்னிடம் கூறிய

போது நான் பெரிதும் வியப்புற்றேன். ஒலியின் பௌதிக வியற் பண்புகளை அடிப்படையாகக் கொண்ட சுவையான ஒரு முறையைக் கையாண்டு குரல்களின் சுருதி மாற்றப்பட்டது.

லில்லிப்புட்வாசிகளின் பேச்சுக்களுக்கு உயர்ந்த சுருதியையும் கலிவருக்குக் கட்டையான குரலையும் அளிப்பதற்காக, லில்லிப்புட்வாசிகளுக்காகப் பேசிய நடிகர்களின் குரல்கள் மெல்ல நகரும் ஒலிப்பாதையிலும் பெத்யாவாக நடித்த சிறுவனின் குரல் விரைவாக நகரும் ஒலிப்பாதையிலும் பதிவு செய்யப்பட்டன. எனினும் ஒலிநாடா சாதாரண வேகத்திலேயே மீட்டொலிக்கப்பட்டது. இதன் விளைவு எப்படியிருக்கும் என்பதை நீங்கள் ஊகித்திருப்பீர்கள். லில்லிப்புட்வாசிகளின் பேச்சை, அதிர்வுகள் அதிகச் செறிவுடன் இருக்கும் போது, படம் பார்ப்பவர்கள் கேட்பதால் அதன் சுருதி உயருகிறது. மாறாக, பெத்யாவின் குரல் அதிக அளவிற்கு மெல்லக் கேட்கப்படுவதால், அதன் சுருதி குறைந்தாக வேண்டும். எனவேதான், ''புதிய கலிவர்'' சினிமாப் படத்தில், லில்லிப்புட்வாசிகள் ஒரு சாதாரண முதிர்ந்த ஆளின் குரலைவிட ஐந்தில் ஒரு பங்கு உயர்ந்த சுருதியுடைய குரலிலும், சிறுவன் கலிவர் ஐந்தில் ஒரு பங்கு குறைவான சுருதியுடைய குரலிலும் பேசுகின்றனர்.

இவ்வாறாக மெல்லியக்க முறை ஓர் ஒலிவிளைவை உண்டாக்குவதற்காகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. நிற்க, கிராமபோன் இசைத் தட்டை, அதில் குறிப்பிட்டுள்ளதைவிட அதிகமான அல்லது குறைவான வேகத்தில் ஓட்டினால் இதையொத்த விளைவு ஏற்படும்.

நாள்தோறும் இருமுறை
புதிய செய்தியேடு படிக்கலாம்

நாம் இப்போது ஆராயப் போகும் பிரச்சினை பொதுவாகப் பௌதிகவியலுடனோ, குறிப்பாய் ஒலியுடனோ தொடர்பற்றதாகவே தோன்றக் கூடும். ஆயினும், பின்னால் வரப் போவதைப் புரிந்து கொள்வது இதனால் எளிதாக்கப்படுமாதலால், உங்களுக்கு இங்கு இதைக் கூற விரும்புகிறேன். பெரும்பாலும் இதே பிரச்சினையைப் பிறிதொரு வடிவத்தில் ஏற்கனவே நீங்கள் சந்தித்திருக்கலாம்.

பிரச்சினை வருமாறு. நாள்தோறும் நடுப்பகலில் ஒரு ரயில் மாஸ்கோவிலிருந்து விளாடிவஸ்தோக்கிற்குப் புறப்படுகிறது. அதே நேரத்தில் நாள்தோறும் மற்ெருரு ரயில் விளாடிவஸ்தோக்கிலிருந்து மாஸ்கோவிற்குப் புறப்படுகிறது. இந்தப் பயணத்திற்குப் பத்து நாள் ஆகிறது என்று வைத்துக் கொள்ளலாம். இப்போது கேள்வி என்னவென்ருல், விளாடிவஸ்தோக்கிலிருந்து மாஸ்கோ செல்லும் பாதையில் எத்தனை ரயில்களை நீங்கள் சந்திப்பீர்கள்? பத்து என்று உடனே பலரும் விடை கூறுவார்கள், ஆனுல் அது தப்பு. விளாடிவஸ்தோக்கிலிருந்து நீங்கள் புறப்பட்ட பிறகு மாஸ்கோவிலிருந்து கிளம்பும் பத்து வண்டிகளைச் சந்திப்பதோடுகூட, நீங்கள் புறப்பட்ட சமயத்தில் ஏற்கனவே கிளம்பி இப்பாதையில் வந்து கொண்டிருக்கும் ரயில்களையும் சந்திப்பீர்கள். எனவே, உண்மையான விடை பத்து அன்று, இருபது.

மேலும், ஒவ்வொரு மாஸ்கோ வண்டியிலும் புதிய செய்தியேடுகள் இருக்கின்றன என்று வைத்துக் கொள்வோம். மாஸ்கோச் செய்திகளை அறிய வேண்டுமென்று ஆவல் கொண்டு, வண்டி நிற்கும் ஒவ்வோரிடத்திலும் புதிய செய்தியேடுகளை நீங்கள் வாங்குவீர்கள். உங்களது பத்து நாள் பயணத்தில் நீங்கள் எத்தனை புதிய செய்தியேடுகள் வாங்குவீர்கள்? இருபது என்றே இப்போது நீங்கள் கூறுவீர்களென நினைக்கிறேன். அதுதான் சரியான விடை. நீங்கள் சந்திக்கும் ஒவ்வொரு ரயில் வண்டியும் ஒரு புதிய செய்தியேட்டைக் கொண்டு வருகிறது; நீங்கள் இருபது ரயில் வண்டிகளைச் சந்திப்பதால், இருபது புதிய செய்தியேடுகளை வாங்கிப் படிக்கிறீர்கள். ஆனுல் பத்து நாட்களே பயணம் செய்வதால், நாள்தோறும் இரு முறை புதிய செய்தியேடு படிப்பீர்கள்.

இது அதிசயமான முரண்பாடாகத் தோன்றுகிறது, இல்லையா? நீங்களே நேரடியாக இதைச் சோதித்துப் பார்க்கும் வாய்ப்பு ஏற்படும் வரை இதை நம்பமாட்டீர்களென நினைக்கிறேன்.

ரயில் ஊதொலிப் பிரச்சினை

இசையைச் சுவைக்கும் செவி உங்களுக்கு இருந்தால், நீங்கள் செல்லும் ரயிலை நோக்கி வரும் ரயிலின் இஞ்சினுடைய ஊதொலியின் சுருதி—பலம் அல்ல, சுருதி—உங்களை

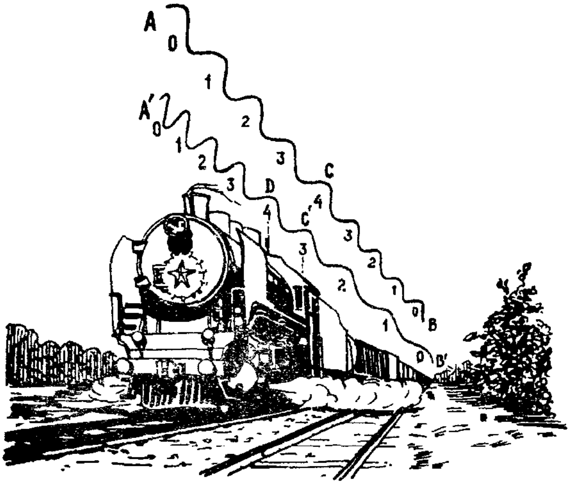
அந்த ரயில் கடந்து செல்லும் போது எப்படி மாறுகிறது என்பதைக் கவனித்திருப்பீர்கள். இரண்டு ரயில்களும் ஒன்றையொன்று நெருங்கிக் கொண்டிருக்கும் போதுள்ள ஊதொலியின் சுருதி, அவை சந்தித்து விலகும் போதுள்ளதை விடக் குறிப்பிட்டத்தக்க அளவிற்கு உயரமாயிருக்கிறது. இரு ரயில்களும் மணிக்கு 50 கிலோமீட்டர் வேகத்துடன் சென்று கொண்டிருந்தால், கிட்டத்தட்ட ஒரு முழு ஸ்தாயிக்குச் சமமாய் சுருதியில் வித்தியாசம் உண்டாகிறது.

இது ஏன் நிகழ்கிறது? சுருதியானது ஒரு விஞடியில் ஏற்படும் அதிர்வுகளின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்திருக்கிறது என்பதையும், மேலே கூறப்பட்ட செய்தியேடு பிரச்சினைக்கும் இதற்கும் ஒற்றுமை இருக்கிறது என்பதையும் உணருவோமாயின் இதற்கு விடை கண்டுபிடிப்பது எளிதே. நெருங்கி வரும் ரயில் இஞ்சினின் ஊதல் குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் கொண்ட ஒரே ஒலியையே உண்டாக்குகிறது என்பது மெய் தான். ஆனல் உங்கள் செவியில் மட்டும், நீங்கள் நெருங்கிச் செல்கிறீர்களோ அல்லது நிலையாக இருக்கிறீர்களோ அல்லது விலகிச் செல்கிறீர்களோ என்பதைப் பொறுத்து, மாறும் எண்ணிக்கையுள்ள அதிர்வுகள் விழுகின்றன.

நாளில் இருமுறை நீங்கள் செய்தியேடு படிக்கும் மாஸ்கோ ரயில் பயணத்தில் நடைபெறுவது போலவே, ஒலியை உண்டாக்கும் பொருளை நெருங்குகையில், இஞ்சினுடைய ஊதொலினின் உண்மையான வீதத்தைவிட அதிகமான வீதத்தில் அதிர்வுகள் உங்கள் செவியை வந்தடைகின்றன. ஆயினும், இது ஓர் ஒலியியல் மாயத் தோற்றம் அல்ல; உங்களது செவியே அதிகமான அதிர்வுகளைப் பெறுவதால், உயர்ந்த சுருதி உள்ள ஒலியை நீங்களே நேரடியாகக் கேட்கிறீர்கள். விலகிச் செல்லும் போதோ, குறைவான அதிர்வுகளே உங்களை வந்தடைவதால், குறைந்த சுருதி உள்ள ஒலியைக் கேட்கிறீர்கள்.

நான் கூறிய இந்த விளக்கம் உங்களுக்குத் திருப்தியளிக்கவில்லை என்ருல், ரயில் இஞ்சினின் ஊதலிலிருந்து ஒலியலைகள் எப்படிப் பரவுகின்றன என்பதைக் கற்பனை செய்து பாருங்கள். முதலில், நிலையாக நிற்கும் இஞ்சினை எடுத்துக் கொள்ளுங்கள் (படம் 155). அதன் ஊதல் அலையடுக்குகளை உண்டாக்குகிறது. எளிமையின் பொருட்டு, நான்கு அலை அடுக்குகளையே நாம் ஆராய்வோம் (படத்தில் மேற்புறமுள்ள அலை

வடிவக் கோட்டைப் பார்க்கவும்). நிலையாக நிற்கும் இஞ்சினிலிருந்து குறிப்பிட்ட ஓர் இடைநேரத்தில் எல்லாத் திசைகளிலும் அவை ஒரேயளவுத் தூரமே பரவுகின்றன. O என்னும் அலை B என்பவரிடம் வந்து சேரும் அதே நேரத்திலேயே A என்பவரிடமும் வந்து சேருகிறது. அப்போது A, B ஆகிய இருவரும் 1, 2, 3,... என்னும் அலைகளை ஒரே சமயத்



படம் 155. ரயிலின் ஊதொலிப் பிரச்சினை. மேலே: நிலையாக நிற்கும் இஞ்சினிலிருந்து வரும் ஒலியலைகள். கீழே: வலமிருந்து இடமாக நகரும் இஞ்சினிலிருந்து வரும் ஒலியலைகள்.

தில் கேட்பார்கள். ஒவ்வொரு விஞடியும் ஒரே எண்ணிக்கையுள்ள அலைகளே இருவர் காதுகளையும் அடைகின்றன—எனவேதான், இருவரும் ஒரே சுருதியுள்ள ஒலியைக் கேட்கின்றனர்.

ஆஞல், ஊதும் எஞ்சின் Bயிடமிருந்து Aக்கு நகர்ந்து வந்து கொண்டிருந்தால், நிலைமை வேருக இருக்கும் (படத்தில் கீழ் வரிசையிலுள்ள அலை வடிவக் கோட்டைப் பார்க்கவும்). குறிப்பிட்ட ஒரு கணத்தில் ஊதல் C′ என்னுமிடத்

தில் இருப்பதாகவும், அது நான்கு அலைகளை வெளிவிட்டுக் கொண்டிருக்கும் போதே D என்னுமிடத்தை அடைந்துவிட்டது என்றும் வைத்துக் கொள்ளுங்கள். இப்போது, ஒலியலைகள் வெவ்வேறு வகையில் பரவும் முறைகளை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும். C′ என்னுமிடத்திலிருந்து கிளம்பும் O அலை A′, B′ ஆகிய இருவரிடமும் ஒரே சமயத்தில் வந்து சேருகிறது. ஆனால், D என்னுமிடத்திலிருந்து கிளம்பிய நான்காவது அலை அவர்களிடம் ஒரே சமயத்தில் வந்து சேராது ஏனெனில், DA′, DB′ஐவிடக் குறைவானது. எனவே, B′இனிடம் வருவதற்கு முன்பாகவே A′இனிடம் அது வந்து சேர்ந்துவிடுகிறது. இடையிலுள்ள 1, 2 அலைகளும் A′இனிடம் வந்து சேருவதைவிடத் தாமதித்தே B′இனிடம் வந்து சேருகின்றன; ஆனால், நேர அளவில் குறைவான வித்தியாசமே இருக்கின்றது. ஆகவே, B′ஐவிட A′க்கு அடிக்கடி ஒலியலைகள் வரும், எனவே, A′ உயர்ந்த சுருதி உள்ள ஒலியைக் கேட்பார். அதே சமயத்தில், படம் தெளிவாகக் காட்டுவதுபோல், A′ஐ நோக்கி வரும் அலைகளின் நீளம், எதிர்த் திசையில் B′ஐ நோக்கிப் போகும் அலைகளைவிடக் குட்டையாயிருக்கும். (படத்திலுள்ள அலை வடிவக் கோடுகள் ஒலியலைகளின் உண்மையான வடிவத்தைக் குறிக்கவில்லை. காற்றுத் துகள்கள் ஒலி பரவும் திசையில் நெடுக்கில் அதிர்கின்றன, குறுக்கில் அல்ல. படத்தில் விளக்கத்தின் பொருட்டே அலைகள் குறுக்கில் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு அலையின் உச்சியும் நெடுக்கில் உண்டாகும் உயர்ந்தபட்சச் சுருக்கத்தைக் குறிக்கின்றது.)

டாப்ளர் விளைவு

மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ள நிகழ்வு டாப்ளர் என்னும் பௌதிகவியலாளரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது; அன்றிலிருந்து அவரது பெயரினாலேயே அழைக்கப்பட்டு வருகிறது. இந் நிகழ்வு ஒளிக்கும் பொருந்தும்; ஏனெனில், ஒளியும் அலைகளாகவே பரவுகிறது. அதிர்வில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு கண்ணுக்கு நிற மாற்றமாகத் தோன்றுகிறது; காதுக்கோ அது சுருதி மாற்றமாகக் கேட்கிறது.

ஒரு நட்சத்திரம் நம்மிடமிருந்து விலகிச் செல்கிறதா அல்லது நம்மை நோக்கி வருகிறதா என்பதைக் கண்டுபிடிப்

பதற்கு மட்டுமின்றி, அதன் இடப்பெயர்ச்சியின் வேகத்தைக் கணக்கிடுவதற்கும் டாப்ளர் நிகழ்வு வானவியலாளர்களுக்குப் பயன்படுகிறது. இதில் பயன்படுவது, நிறமாலையில் உள்ள செங்குத்தான கறுப்புக் கோடுகளின் பக்கவாட்டு இடப் பெயர்ச்சியாகும். விண்கோள் ஒன்றின் நிறமாலையில் இந்த இடப்பெயர்ச்சியின் திசை, அளவு ஆகியவற்றை நுட்பமாகக் கவனித்து, பிரமிப்பூட்டும் ஏராளமான கண்டுபிடிப்புக்களை வானவியலாளர்கள் செய்திருக்கிறார்கள். டாப்ளர் நிகழ் வால், சிரியஸ் என்னும் பிரகாசமான நட்சத்திரம் (அக்கினி நட்சத்திரம்) நம்மிடமிருந்து ஒவ்வொரு விநாடியும் 75 கிலோ மீட்டர் விலகிச் சென்று கொண்டிருக்கிறது என்பது தெரிய வந்துள்ளது. கோடிக் கணக்கான கிலோமீட்டர்களுக்கு அது விலகிச் சென்றாலும், அதன் தோற்றப் பிரகாசத்தில் குறிப் பிடத்தக்க மாறுதல் எதுவும் ஏற்படாத அளவிற்கு, ஒரு நம்பத்தகாத நெடுந் தொலைவில் அது இருக்கிறது; டாப்ளர் நிகழ்வு என்பது இல்லாவிட்டால், அந்நட்சத்திரம் விலகிச் செல்கிறது என்று நம்மால் ஒருபோதும் ஊகித்திருக்க முடி யாது.

பௌதிகவியல், அனைத்தையும் பற்றிய, அனைத்தையும் உள்ளடக்கிய ஓர் அறிவியல் துறை என்பதை இவ்விவரம் மிகச் சிறப்பாக எடுத்துக்காட்டுகிறது. பல மீட்டர் நீள முள்ள ஒலி அலைகளுக்காக என்று ஒரு விதியைக் கண்டுபிடித்து, புறவெளியில் கற்பனையையும் விஞ்சிய தொலைவுகளிலுள்ள மாபெரும் சூரியன்களின் விரைவான இயக்கத்தைக் கணக்கிடு வதற்காக, மில்லிமீட்டரில் பதினாயிரத்தில் மிகச் சில பங்கு களே நீளமுள்ள ஒளி அலைகளை ஆராய்வதில் அதைப் பௌதிக வியல் பயன்படுத்துகிறது.

ஓர் அபராத வழக்கு

ஒலியையோ ஒளியையோ உண்டாக்கும் பொருள்கள் நெருங்கி வரும் போதோ அல்லது விலகிச் செல்லும் போதோ ஒலி, ஒளி ஆகியவற்றின் அலை நீளங்கள் மாற வேண்டும் என்று 1842இல் முதன்முதலாக டாப்ளர் முடிவு செய்த வுடன், நட்சத்திரங்கள் நிறங்களுடன் கூடியனவாய் இருப்ப தற்கும் இதுதான் காரணம் என்னும் கருத்தை அவர் முன்

வைத்தார். அக்கருத்தின்படி, எல்லா நட்சத்திரங்களும் உண்மையில் வெண்மையாகவேயுள்ளன; ஆயினும் நம்மைப் பொறுத்த வரை அவை விரைவாக நம்மிடமிருந்தோ நம்மை நோக்கியோ நகருவதால், நிறங்களுடன் கூடியனவாய்த் தோன்றுகின்றன. விரைவாக நம்மை நோக்கி நெருங்கி வரும் வெண்மையான நட்சத்திரங்கள் குட்டையான நீளமுள்ள அலைகளை அனுப்புகின்றன; அதன் காரணமாய் இவை பச்சை, நீலம் அல்லது ஊதா நிறமாய்த் தோன்றுகின்றன. மாருக, விரைவாக நம்மிடமிருந்து விலகிச் செல்லும் நட்சத்திரங்கள் மஞ்சளாகவோ அல்லது சிவப்பாகவோ தோன்றுகின்றன.

துணிவான கருத்தே என்ருலும் இது முற்றிலும் தவருனது! ஏனெனில், இயக்கத்தின் விளைவாக நிறத்தில் ஏற்படும் மாறுதலை நமது கண் பார்க்க வேண்டும் என்ருல், விளுடிக்குப் பல பத்தாயிரம் கிலோமீட்டர் வேகத்தில் நட்சத்திரங்கள் ஓடிக் கொண்டிருக்க வேண்டும். அப்போதும்கூட அது உதவாது; ஏனெனில் நெருங்கி வரும் வெள்ளை நட்சத்திரம் ஒன்றின் நீலக் கதிர்கள் ஊதா நிறமாகவும், பச்சைக் கதிர்கள் நீல நிறமாகவும், புற ஊதாக் கதிர்கள் ஊதா நிறக் கதிர்களாகவும், அகச் சிவப்புக் கதிர்கள்* சிவப்புக் கதிர்களாகவும் ஒரே சமயத்தில் மாறுகின்றன. சுருங்கக் கூறின், வெண்மையொளியை அமைக்கும் கூறுகள் அனைத்தும் மாருமல் இருக்கும்; நிறமாலையின் எல்லா நிறங்களிலும் இடப்பெயர்ச்சி ஏற்பட்டாலும், பொது நிறத்தில் யாதொரு மாறுதலும் நம் கண்ணுக்குத் தெரியாது.

பார்ப்பவரை நோக்கியோ அவரிடமிருந்து விலகியோ செல்லும் நட்சத்திரங்களின் நிறமாலைகளிலுள்ள கறுப்புக் கோடுகளின் இடப்பெயர்ச்சி முற்றிலும் வேருெரு பிரச்சினையாகும். நுட்பமான கருவிகள் அவற்றைக் கண்டுபிடித்து, நட்சத்திரங்களின் பார்வைத் திசை வேகங்களை நாம் கணக்

---

* கண்ணுக்குத் தெரியும் நிறமாலைக்கு அப்பால், அதன் சிவப்புப் பகுதியை அடுத்து அமைந்துள்ளது; கண்ணுக்குத் தெரியாத இக்கதிர்கள், கண்ணுக்குத் தெரியும் கதிர்களின் அலைகளைவிட குறைவான நீளமுள்ளவை. — மொழிபெயர்ப்பாளர்.

கிடுவதைச் சாத்தியமாக்கியுள்ளன. (ஒரு நல்ல நிறமாலை காட்டி விநாடிக்கு ஒரு கிலோமீட்டர் அளவுள்ள வேகத்தைக் கூடக் கண்டுபிடித்துவிடும்.)

பிரபல பௌதிகவியலாளரான ராபர்ட் வூட், சாலைப் போக்குவரத்துச் சிவப்பு விளக்கைக் கவனியாது காரை ஓட்டிச் சென்றதற்காக அபராதம் விதிக்கப்பட்ட போது, டாப்ளரின் இந்தத் தவறான கருத்தை ஆதாரமாய்க்கொண்டு நியாயம் கூறினாராம். விரைவாக ஓட்டிச் செல்லும் போது சிவப்பு நிறப் போக்குவரத்து விளக்கு பச்சை நிறமாகவே தோன்றும் என்று போலீஸ்காரரிடம் வூட் கூறியதாகச் சொல்லப்படுகிறது. போலீஸ்காரர் மட்டும் பௌதிகவியலாளராய் இருந்தால், சிவப்பிற்குப் பதிலாகப் பச்சை நிறத்தைப் பார்ப்பதற்கு, அவருடைய மோட்டார்க் கார் மணிக்கு 13.5 கோடி கிலோமீட்டர் வேகத்தில்—நம்பவே முடியாத ஒரு வேகத்தில்—சென்றிருக்க வேண்டும் என்று வூடினிடம் சொல்லியிருக்க முடியும்.

அது பின்வருமாறு கணக்கிடப்படுகிறது. போக்குவரத்து விளக்கு வெளிவிடும் ஒளியின் அலை நீளம் l என்றும், காரில் சென்ற வூடிற்கு எட்டிய அலை நீளம் l' என்றும், காரின் வேகம் v என்றும், ஒளியின் வேகம் c என்றும் வைத்துக் கொள்வோம். கோட்பாடு அளிக்கும் சமன்பாடு:

$$\frac{l}{l'} = 1 + \frac{v}{c}.$$

குறைந்தபட்ச அலை நீளம் (அதாவது சிவப்பு ஒளியின் அலை நீளம்) 0.0063 மி. மீ. என்பதும், உயர்ந்தபட்ச அலை நீளம் (அதாவது, பச்சை ஒளியின் அலை நீளம்) 0.0056 மி. மீ. என்பதும், ஒளியின் வேகம் விநாடிக்கு 3,00,000 கிலோமீட்டர் என்பதும் நமக்குத் தெரியும். எனவே,

$$\frac{0.0063}{0.0056} = 1 + \frac{v}{3,00,000};$$

ஆகவே, காரின் வேகம்

$$v = \frac{3,00,000}{8} = 37,500 \text{ கிலோமீட்டர்/விநாடி},$$

அல்லது, மணிக்கு 13.5 கோடி கிலோமீட்டர் ஆகிறது. இந்த வேகத்தில் சுமார் ஒரு மணி நேரத்தில் வூட் போலீஸ்காரரிடமிருந்து, பூமியிலிருந்து சூரியனுக்கிருக்கும் தூரத்தைவிட அதிகத் தொலைவு சென்றிருக்க முடியும். ஆயினும், ''வரம்பு மீறி வேகமாகச் சென்றதற்காக'' வூடிற்கு அபராதம் விதிக்கப்பட்டது.

ஒலியின் வேகத்துடன்

வாத்தியக் குழு ஒன்றினிடமிருந்து ஒலியின் வேகத்தில் நீங்கள் விலகிச் செல்வதாய் வைத்துக் கொண்டால் உங்கள் காதில் விழும் இசை எப்படியிருக்கும்? ரயிலில் பயணம் செய்யும் ஒருவர் எல்லா ரயில் நிலையங்களிலும், ரயில் புறப்பட்ட அன்று வெளியிடப்பட்ட அதே செய்தித்தாளை வாங்குவது போல, வாத்தியக் குழுவினிடமிருந்து ஒலியின் வேகத்துடன் நாம் செல்வதால், நாம் புறப்பட்ட போது வாத்தியக் குழு இசைத்த அதே சுரத்தையே கேட்போம் என்று நீங்கள் நினைக்கலாம்.

ஆனல், அது சரியல்ல. ஒலியின் வேகத்தில் நீங்கள் சென்று கொண்டிருப்பதால் வாத்தியக் குழுவிலிருந்து கிளம்பும் ஒலி அலைகள் உங்களைப் பொறுத்த மட்டில் நிலைப்பு நிலையிலேயே இருக்கும்; எனவே உங்கள் காதில் அவை விழவே விழா. ஆகவே, உங்களுக்கு எதுவும் கேட்காது; வாத்தியக் குழு வாசிப்பதை நிறுத்திவிட்டது என்றே நினைப்பீர்கள்.

நமது உவமை ஏன் தவருன விடையை அளித்தது? ஏனெனில், உவமையை நாம் தவருகக் கையாண்டுவிட்டோம். ரயில் பயணி வழி நெடுகிலும் ஒரே செய்தித்தாளே விற்கப்படுவதைப் பார்த்துக் கொண்டிருப்பதால் — தாம் பயணம் செய்கிரும் என்பதை மட்டும் மறந்துவிட்டால்— மாஸ்கோவை விட்டுத் தாம் புறப்பட்டதிலிருந்து புதிய செய்தித்தாள் எதுவும் வெளியிடப்படவில்லை என்று அவர் எண்ணிக் கொள்ள முடியும். அவர் நோக்கில், ஒலியின் வேகத்துடன் நாம் சென்ருல், வாத்தியக் குழு வாசிப்பதை நிறுத்திவிட்டதாகத் தோன்றுவது போல், செய்தித்தாள் பதிப்பகங்கள் மூடப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

இதில் வேடிக்கை என்னவென்ருல், இவ்விவரம் உண்மை

யில் சிக்கலானதாய் இல்லாவிட்டாலும், விஞ்ஞானிகள்கூட சில சமயம் இதனுல் குழப்பமடைகின்றனர். நான் பள்ளியில் மாணவனுக இருந்த போது, வானவியலாளரான ஒருவருடன் இதைப் பற்றி விவாதிக்கையில் மேலே கூறப்பட்ட எனது முடிவை அவர் ஏற்க மறுத்தார்; ஒலியின் வேகத்தில் நாம் விலகிச் சென்றுல், ஒரே ஒலியையே நாம் எப்போதும் கேட்டுக் கொண்டிருப்போம் என்றே அவர் கூறினுர். அவரது வாதம் பின்வருமாறு:

''குறிப்பிட்ட சுருதியுள்ள ஒரு சுரம் தொடர்ந்து ஒலிக்கிறது என்று வைத்துக் கொள்ளலாம். எப்போதும் அது ஒரே மாதிரியாய் இருந்திருக்கிறது; எப்போதும் அதே மாதிரியே இருக்கவும் செய்யும். இடவெளியில் வரிசையாக நிற்பவர்கள் ஒருவர்பின் ஒருவராக அதைக் கேட்பார்கள்; ஒரே அளவு பலமுள்ளதாய்க் கேட்கிருர்கள் என்று வைத்துக் கொள்வோம். ஒலியின் வேகத்தில், அல்லது சிந்தனையின் வேகத்திலேகூட இவர்களுள் எவராவது ஒருவரின் பக்கத்தில் நாம் செல்ல முடிந்தால், நாமும் ஏன் அதைக் கேட்கக் கூடாது?'' என்று அவர் எனக்கு எழுதினுர்.

இதே முறையில், மின்னல் ஒன்றிலிருந்து ஒளியின் வேகத்தில் விலகிச் செல்லும் ஒருவர் எப்போதும் மின்னலைப் பார்த்துக் கொண்டேயிருப்பார் என்றும் அவர் வாதாடினுர்.

''வானவெளியில் முடிவற்ற ஒரு வரிசையில் கண்கள் அமைந்திருப்பதாக எண்ணிக் கொள்ளுங்கள். அடுத்தடுத்த கண் ஒவ்வொன்றும் ஒன்றன்பின் ஒன்றுக இம்மின் வீச்சைக் காணும். எனவே, ஒவ்வொரு கண்ணிற்கும் அடுத்தடுத்து நீங்கள் செல்வதாக வைத்துக் கொண்டால், மின்னலின் ஒளி வீச்சை நீங்கள் எப்போதும் பார்த்துக் கொண்டிருப்பீர்கள் என்பது தெளிவாக விளங்கும்'' என்று எழுதினுர்.

அவரது கூற்றுகளுள் எதுவுமே சரியல்ல என்பதை நான் எடுத்துச் சொல்ல வேண்டியதில்லை. மேற்குறிப்பிட்ட நிலைமைகளில் நாம் ஒலியைக் கேட்கவே மாட்டோம்; அதே மாதிரியே மின்னலையும் பார்க்கவே மாட்டோம். $v = -c$ என்றுல், அலை நீளம் l' என்பது முடிவற்ற ஓர் எண்ணிக்கையுள்ளதாக இருக்கும் என்பதை, அதாவது, அப்படி ஒன்று கிடையவே கிடையாது என்பதைச் சற்றுமுன் கூறப்பட்ட சமன்பாடு தெளிவுபடுத்துகிறது.

* * *

பொழுதுபோக்குப் பௌதிகம் இத்துடன் முடிவடைகிறது. எல்லையில்லாத இந்த அறிவுலகிலிருந்து திரட்டப் பட்ட கைம்மண் அளவேயான சிலபல எளிய உண்மைகளைப் படித்தீர்கள். இந்த அறிவுலகைப் பற்றி மேலும் தெரிந்து கொள்ள வேண்டுமென்ற ஊக்கம் உங்களுக்கு ஏற்பட்டிருந்தால் நான் என் பணியைச் செவ்வனே முடித்துள்ளேன் என்று மகிழ்ந்து மன நிறைவுடன் கூறுவேன்:

முற்றும்

-5 MAR 1985
MADRAS

- 5 MAR 1985
MADRAS

சொல்வரிசை

அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் infra-red rays
அடிமனம் subconscious
அணு atom
அணு உலை atomic reactor
அணு எடை atomic weight
அணுமையம் atomic nucleus
அதிர்வு எண் frequency
அயக்காந்தக்கல் magnetite
அலை இயக்கம் wave motion
அலைநீளம் wave length
அலைவு oscillation
அவதிக் கோணம் critical angle
அவதி வேகம் critical velocity
அழுத்தமானி barometer

ஆவி அழுத்தமானி manometer
ஆழமானி depth gauge
ஆழ்கோளம் bathysphere
ஆற்றலின் அழிவின்மை conservation of energy

இடம் பெயர் இயக்க ஆற்றல் locomotive energy
இடித்தல் ramming
இடையன்பூச்சி praying mantis
இணைகரம் parallelogram
இயக்கவியல் dynamics
இயந்திரவியல் mechanics
இயந்திர லாபம் mechanical advantage
இயல்பூக்கம் instinct

இயற்கையியல் natural science
இருசு axis

ஈரப்பதமானி (ஈரமானி) hydrometer
ஈரப்பதன் (ஈரம்) humidity

உடலமைப்பியல் anatomy
உடலியல் physiology
உந்தம் momentum
உயரமானி (கொதிநிலைமானி) hypsometer
உராய்வு friction
உருமறைகாப்பு camouflage

எண் கணிதம் arithmetics
எதிரொலி echo
எதிர்க்காந்தவியல் diamagnetism
எதிர்ச்செயல் reaction
எரிநட்சத்திரம் bolide (meteor)

ஒளியியல் மாயத் தோற்றங்கள் optical illusions
ஒளிப்பிரதிபலிப்பு reflection of light
ஒளிவிலகல் refraction of light

கடத்துதிறன் conductivity
கடத்தி conductor
கடல் மைல் knot
கதிரியக்க அழிவு radio-active decay
கதிர்ப்பு ஆற்றல் radiant energy
கதிர்ப்பு (கதிர்வீச்சு) radiation
கப்பி pulley
கருவிழிப் படலம் cornea
கலன கணிதவியல் calculus
கழிமுகப் பகுதி delta
கனசதுரம் cube
கனபரவளையம் paraboloid

காந்தம் magnet

குதிரைத் திறன் horse power
குருட்டுப் புள்ளி blind spot
குவி லென்சு convex lens
குவியப் புள்ளி focus
குழி லென்சு concave lens
குளிர்ப்பதனப் பெட்டி refrigerator

கூட்டல் விருத்தி arithmetic progression

கெழு coefficient

கொந்தளிப்பு ஓட்டம் turbulent flow

சடத்துவம் inertia
சடவாயு inert gas
சமனிலி inequality
சமன்பாடு equation
சர்வதேச புவிப்பௌதிக ஆண்டு International Geophysical Year

சுரிகுழல் துப்பாக்கி rifle
சுழலும் ஓட்டம் whirling flow
சுழற்சிகாட்டி stroboscope

சூரிய மாறிலி solar constant
சூரிய விசை solar power

செயல், எதிர்ச்செயல் விதி law of action and reaction
செல்பாதை trajectory
செவிப்பறை ear drum

சைகை signal

தகவமை திறன் power of accommodation
தலைவேகம் muzzle velocity
தளர்வேகம் retardation (deceleration)
தனிம மாற்றம் transmutation of elements
தனிமம் element

திசு tissue
திட்ட வளிமண்டல அழுத்தம் standard (normal) atmospheric pressure
திறன் power

தொகுபயன் விசை resultant force
தொடுகோடு tangent
தொலைநோக்கி telescope

நாண் chord
நாண்வெட்டுத்துண்டு segment

நிறமாலை spectrum
நிறை mass

நீர்மூழ்கிக் கப்பல் submarine
நீர்மூழ்கிக் கலன் bathyscaphe
நீள்வட்டம் ellipse

நெடுக்கு longitudinal
நெம்புகோல் lever

படிகமாக்குதல் crystallization
படிகவில்லை crystaline lens
படிவு ஓட்டம் laminary flow (streamline flow)
பயனுறுதிறன் efficiency
பரப்பு விகுவு surface tension
பரிதி (சுற்றுக்கோடு) circumference
பரிமாணம் volume
பளு load

பாய்மம் fluid

பிசுபிசுப்பு viscosity
பிணைவு விசை force of cohesion
பிரபஞ்சம் universe
பிரபஞ்ச ஈர்ப்பு விதி law of universal gravitation
பின்கண் திரவம் vitreous humour

புவியியல் geology
புற ஊதாக் கதிர்கள் ultra-violet rays

பூமத்தியரேகை equator

பெருக்கல் விருத்தி geometric progression

போலிமை mimicry

மிகு மின்னழுத்தம் high voltage
மின்காட்டி electroscope
மின்சாரமானி galvanometer
மின்சுமை electric charge
மின்சுற்று electric circuit
மின்னழுத்தம் potential

மின்னூக்கி dynamo
மின்னிறக்கம் electric discharge
மின்னோட்டம் electric current

மீயொலிகள் ultrasounds

முழுப் பிரதிபலிப்பு total reflection
முன்கண் திரவம் aqueous humour

மூலக்கூறு molecule

மூலைவிட்டம் diagonal

மைய விலகு விசை centrifugal force

வடிவ கணிதம் geometry
வளர்வேகம் acceleration
வளிமண்டலம் atmosphere

வால்நட்சத்திரம் comet
வான்கோளம் celestial sphere
வான்துருவம் celestial pole

விசை force
விண்கோள் celestial body
விலகு விகித எண் refractive index
விழித்திரை retina

வெப்பங்காட்டி thermoscope
வெப்பமானி thermometer
வெப்பமூட்டி heater
வெள்ளீயம் tin

வேகம் velocity

MAR 1985

... PUBLIC L...
MAR 19..
...

அன்புள்ள வாசகரே!

''மீர்'' பதிப்பகம் பலவிதமான விஞ்ஞான, தொழில்நுட்ப நூல்களைத் தமிழ் மொழியில் வெளியிடும். உங்களுக்கு வேண்டிய புத்தகங்கள் எத்தகையவை என்பதையும் இவைகளைப் பற்றிய உங்களது அபிப்பிராயங்களையும் ஆலோசனைகளையும் நமக்குத் தெரிவிக்கும்படி வேண்டுகிறோம்.

நமது முகவரி:
சோவியத் நாடு. மாஸ்கோ.
ரீஜ்ஸ்கி பெரெயூலக், 2.

- 5 MAY 1935

விற்பனையாளர்கள்
நியூ செஞ்சுரி புக் ஹவுஸ் பிரைவேட் லிமிடெட்

தலைமை அலுவலகம்
6, நல்லதம்பி செட்டித் தெரு, சென்னை-2

ஷோ-ரூம்
6/30, மவுண்ட் ரோடு, சென்னை-2

கிளைகள்
80, மேலக் கோபுர வீதி, மதுரை-1
87/89, ஒப்பணக்கார வீதி, கோயமுத்தூர்-1
சிங்காரத்தோப்பு, திருச்சிராப்பள்ளி-8
பஸ் நிலையம், தஞ்சாவூர்